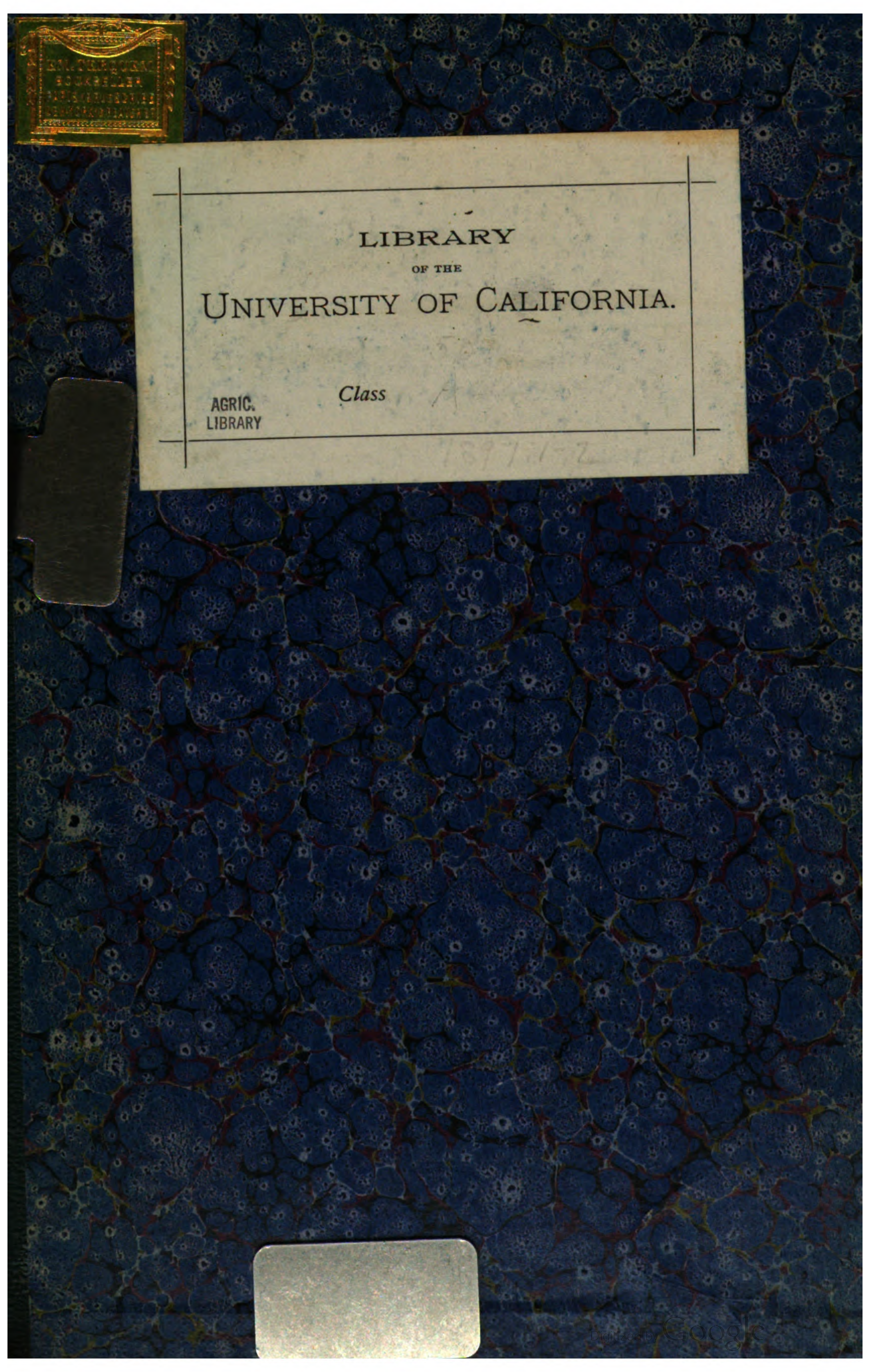

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
AGRIC.
LIBRARY
Class



ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

Comité de rédaction des Annales.

Correspondants des Annales pour les colonies et l'étranger.

NOTA. — *Tous les ouvrages adressés* franco *à la Rédaction seront annoncés dans le premier fascicule qui paraîtra après leur arrivée. Il sera, en outre, publié s'il y a lieu, une analyse des ouvrages dont la spécialité rentre dans le cadre des* Annales *(chimie, physique, géologie, minéralogie, physiologie végétale et animale, agriculture, sylviculture, technologie, etc.).*

Tout ce qui concerne la rédaction des Annales de la Science agronomique française et étrangère *(manuscrits, épreuves, correspondance, etc.) devra être adressé* franco *à M.* **L. Grandeau**, *rédacteur en chef, 48, rue de Lille, à Paris.*

ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

ORGANE

DES STATIONS AGRONOMIQUES ET DES LABORATOIRES AGRICOLES

PUBLIÉES

Sous les auspices du Ministère de l'Agriculture

PAR

LOUIS GRANDEAU

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'EST
PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES STATIONS AGRONOMIQUES
VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'ENCOURAGEMENT A L'AGRICULTURE
MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'AGRICULTURE

2e SÉRIE — TROISIÈME ANNÉE — 1897

Tome I.

Avec figures dans le texte.

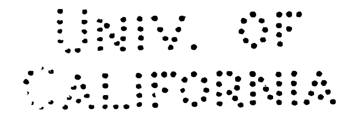
PARIS

BERGER-LEVRAULT ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

5, rue des Beaux-Arts, 5

MÊME MAISON A NANCY

1897



LES

SCORIES DE DÉPHOSPHORATION

ORIGINE — PRODUCTION EUROPÉENNE

COMPOSITION

EMPLOI — APPLICATION AUX DIVERSES CULTURES

(*Suite.*)

VI. — Amélioration et entretien des prairies par les scories Thomas-Gilchrist.

Aux indications précédemment données, concernant les excellents résultats obtenus par l'emploi des scories de déphosphoration pour l'entretien des prés de bonne qualité et pour l'amélioration, dans des proportions surprenantes, des prairies mauvaises ou médiocres, j'ajouterai quelques observations tout à fait concluantes. Une expérience de dix années, remontant à l'introduction des scories dans l'exploitation agricole, a montré qu'elles doivent être répandues sur les prés en novembre, décembre, janvier et jusque vers la fin de février. Dès la première année, on observe déjà l'influence marquée de cette fumure qui produit tout son effet à la seconde récolte, effet qui, suivant les doses employées — j'en ai la preuve dans mes terres de la Lorraine allemande, — se manifeste pendant quatre à six ans. En Angleterre où les expériences culturales de Munro et Wrightson et celles de sir J.-B. Lawes ont, dès 1885, montré, nous l'avons vu, la haute valeur fertilisante des scories; on les emploie à la dose de 600 à

800 kilogr. à l'hectare la première année, ensuite à dose moitié moindre, seules ou associées, suivant la nature des sols, à 2 ou 3 quintaux de kaïnite par hectare.

En Allemagne, et notamment dans les régions à sols légers, pauvres ou épuisés en potasse, la fumure la plus fréquente consiste en un épandage, au semoir à engrais, d'un mélange de 400 à 500 kilogr. de scories et 600 à 800 kilogr. de kaïnite par hectare.

Dans mes terres de Lorraine, assez riches en potasse, la kaïnite s'est montrée absolument inefficace, tant pour les prairies que pour les céréales et les scories seules sont, depuis 1886, employées à des doses variables de 700 à 1 000 kilogr. à l'hectare. 300 hectares, formant les trois quarts de cette propriété, ont reçu jusqu'ici des scories à ces doses. Beaucoup de pièces en ont reçu deux fois déjà.

Partout ces quantités ont donné les plus remarquables résultats.

Je ferai observer aux cultivateurs qui, d'après la nature de leurs terres y jugeraient utile l'apport de potasse, que le mélange de scories et de kaïnite ne doit pas être préparé plus de vingt-quatre heures avant son épandage, afin qu'il ne se *pelote* pas par suite d'un contact prolongé. Ainsi pris en masse plus ou moins volumineuse, l'engrais se distribue plus difficilement sur le sol.

C'est par milliers d'hectares que l'on compte aujourd'hui les surfaces de prairies et pâturages qui ont été traitées par l'engrais Thomas-Gilchrist en Angleterre et en Allemagne. La récolte s'est accrue partout dans une proportion très considérable, du simple au double toujours, et parfois du simple au triple. L'abondance du regain surtout est remarquable ; en outre, la qualité du fourrage est très notablement accrue par le développement que prennent les légumineuses : trèfle, vesce, etc., cela aux dépens des herbes de mauvaise qualité et de la mousse dont les scories débarrassent le sol. Des prairies basses et humides — j'ai eu tout récemment occasion de le constater sur place, — jadis de très mauvaise qualité, sont transformées, dans l'espace de trois ans, en excellents prés, par l'apport de 1 000 kilogr. de scories et de 400 kilogr. de kaïnite à l'hectare. Le bétail se montre très friand de l'herbe et du foin récoltés sur prairies traitées par les scories.

L'un des agriculteurs les plus connus et les plus autorisés de l'Al-

lemagne, M. Schultz s'exprimait à peu près ainsi récemment, devant l'association pour la culture des terrains tourbeux : « Partout le succès des scories unies à la kaïnite pour la fumure des prairies est complet. «Le foin de Dromling était depuis longtemps discrédité, parce que, bien qu'encore accepté volontiers par le bétail, il avait une valeur nutritive si faible que l'on ne pouvait avec son aide obtenir ni viande ni lait. Le poil des animaux qui le consommaient était rude et hirsute, l'ostéomalacie était endémique dans le bétail de Dromling et causait depuis trente ans des pertes considérables aux éleveurs. Aujourd'hui, il en est tout autrement : de 800 à 1 000 kilogr. de foin à l'hectare, les récoltes ont passé, sous l'influence des scories et de la kaïnite, à 6 000 kilogr. Ce fourrage très nutritif donne un poil soyeux et uni au bétail, qui fournit abondamment du lait et de la viande; les maladies sont devenues rares et les jeunes animaux prospèrent dans ces pâturages. »

J'ai recueilli sur l'exploitation d'une grande prairie et sur sa transformation par les scories quelques chiffres résultant d'observations précises faites par le propriétaire ; je vais les résumer à titre d'exemple très instructif.

Ce propriétaire entreprit, à la fin de 1888, la transformation d'un pré naturel d'une surface d'un peu plus de 3 hectares et demi, dont le déplorable état est suffisamment révélé par le chiffre de la récolte de 1888 : 60 quintaux de foin à la première coupe, 20 à la seconde, soit au total 8 000 kilogr. de foin pour toute la surface, ce qui correspond à moins de 2 300 kilogr. à l'hectare.

L'herbe récoltée était composée des plus médiocres espèces de graminées.

Au dire des ouvriers qui, depuis une quinzaine d'années, fauchaient tous les ans cette prairie, la récolte n'avait jamais dépassé, regain compris, quand elle l'avait atteint, le chiffre que je viens de donner.

Le 11 janvier 1889, le pré reçoit 600 kilogr. de scories à l'hectare. Cette scorie titrait 18 p. 100 d'acide phosphorique et renfermait 75 p. 100 de poudre fine : elle fut répandue, au semoir à engrais, sur le sol recouvert d'une faible couche de neige. Au printemps, on hersa la prairie aussi complètement que possible.

Récoltes de 1888 et 1889 sur les 3 hectares et demi.

En 1888, 8 voitures de foin et regain pesant ensemble. .	8 000 kilogr.
En 1889, 25 voitures de foin et regain pesant ensemble. .	25 000 —
Excédent en faveur de 1889, plus de 200 p. 100. . .	17 000 —

	A L'HECTARE
La récolte de 1888 valait à raison de 5 fr. les 100 kilogr. — 400 fr. soit à l'hectare.	114f,30c
La récolte de 1889, estimée à 6 fr. 25 c. les 100 kilogr. en raison de la meilleure qualité de l'herbe, valait 1 562 fr. 50 c., soit à l'hectare. .	446 ,50
Plus-value en 1889, 1 162 fr. 50 c., soit à l'hectare.	332f.10c
De cette plus-value, si l'on défalque le prix de l'engrais, soit à l'hectare.	45f,75c
représentant l'achat, le transport et l'épandage des scories, il reste à l'hectare	286f,35c
de bénéfice, résultant de la première application des scories.	

Pendant l'hiver de 1890, on renouvela la fumure, en semant par hectare 400 kilogr. de scories et 600 kilogr. de kaïnite.

Les deux coupes, presque égales en importance, ont fourni 27 000 kilogr. de foin de très bonne qualité, où dominaient les légumineuses réaparues, en deux ans, sous l'influence de l'acide phosphorique :

Comptée à 6 fr. 25 c. les 100 kilogr. seulement, cette récolte représente une valeur de	1 687f,50c
Dont il faut déduire les frais de fumure, soit	266 ,90
La plus-value est donc de	1 420f,60c

Soit 405 fr. 70 c. par hectare, supérieure de 120 fr. environ à celle de 1889 et de 291 fr. à la valeur de la récolte de 1888.

En 1891, on n'a, par suite des pluies excessives de juillet et août, récolté que 24 000 kilogr. de foin et regain, en diminution de 3 000 kilogr. sur l'année précédente, le regain ayant été compromis par l'humidité de la saison. Mais comme il n'y avait eu, cette année, aucune dépense de fumure, le produit net s'est élevé environ à 457 fr., en excédent de 345 fr. sur la valeur de la récolte de 1888. Dans les calculs précédents, le propriétaire n'a tenu compte que d'une plus-value de 1 fr. 25 c. par 100 kilogr. de foin récolté de 1889 à 1891,

chiffre évidemment trop faible, d'après sa propre appréciation, étant donnée la qualité très supérieure du fourrage récolté.

Le fumier de ferme, les composts et autres engrais organiques ne peuvent donner les résultats fournis par l'acide phosphorique ; les scories, en effet, non seulement augmentent les rendements en quantité, mais elles améliorent le foin d'une façon tout à fait remarquable par le développement des légumineuses. Cette fumure est donc un moyen économique, en même temps d'obtenir beaucoup de bon fourrage et d'amener l'enrichissement de la récolte et du sol en azote atmosphérique, gratuitement fourni par l'intermédiaire des légumineuses.

Autres essais d'engrais sur prairies[1].

1re Expérience. — M. Bardey, à Liesle, continue sur un vieux pré de 50 ares les essais d'engrais qui durent depuis plusieurs années.

En 1895, on n'y a pas mis d'engrais ; la dose d'engrais employée en 1894 a été complètement payée dès la première année par l'excédent de récolte.

La récolte de 1895 a été la suivante, sans nouvelle addition d'engrais :

	1re coupe.	2e coupe.	Total.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
25 ares traités aux engrais chimiques, il y a deux ans, ont donné	1 400	435	1 835
25 ares sans engrais chimiques	800	320	1 120
Différence.			715

Et pour un hectare, 715 × 4 = 2 860 kilogr. qui, à 5 fr. les 100 kilogr., valent 143 fr.

Les engrais employés il y a deux ans étaient :

600 kilogr. de scories à 5 fr. les 100 kilogr.	30 fr.
400 — d'engrais potassique à 11 fr. les 100 kilogr. .	44
Total.	74 fr.

On le voit, les scories employées à l'automne et l'engrais potas-

1. Rapport de M. Faucompret, professeur départemental, sur les résultats des champs de démonstration, en 1895, dans le département du Doubs.

sique mis au printemps sont d'excellents engrais pour les prairies naturelles et même pour les prairies artificielles. Il suffira de répandre par an 300 kilogr. de scories et 200 kilogr. d'engrais potassique, et la dépense effectuée sera largement payée, sinon la première, du moins la deuxième année.

2° EXPÉRIENCE. — *M. Tissot (Clovis), aux Fourgs.* — M. Tissot a semé par hectare, sur un pré naturel :

1 200 kilogr. de scories à 5 fr. les 100 kilogr.	60 fr.
200 — de nitrate à 25 fr. les 100 kilogr.	50
Total.	110 fr.

Il a obtenu à l'hectare :

	FOIN.
Sur la parcelle fumée.	9 224 kilogr.
Sur la parcelle témoin	5 300 —
Excédent.	3 924 —

Si l'on compte le fourrage à 5 fr. les 100 kilogr., les 3 924 kilogr. d'excédent vaudront 196 fr. 20 c.

Donc, dès la première année, il y a un bénéfice de 196 fr. 20 c. — 110 = 86 fr. 20 c.

Telles sont les deux seules expériences d'engrais chimiques que nous ayons faites cette année sur pré naturel.

On remarquera que nous avons employé le nitrate de soude, bien que ce sel soit généralement peu répandu sur les prés ; il peut être très utile sur les vieux prés d'où les légumineuses ont disparu, dominées par les graminées. Ces dernières plantes recevront un puissant secours de l'engrais azoté et l'opération pourra être avantageuse.

Mais il faut se garder de mettre du nitrate sur les prés artificiels ou même sur les prés naturels à base de légumineuses.

Dans certains cas, l'azote existe en quantité considérable dans la prairie sous forme de matières organiques formées par l'entrelacement imperméable des racines, de la mousse et des stolons de certaines graminées. Mais cet azote ne peut être utilisé par les bonnes

graminées de la prairie, parce qu'il ne peut nitrifier en raison de l'acidité du sol.

On détruira cette acidité :

1° Par un ou deux passages de la herse ou du scarificateur ;

2° Par l'emploi de la chaux à 3000 kilogr. par hectare ; dans ce cas, 100 à 150 kilogr. de nitrate de soude seront très utiles pour fournir une première dose d'azote, en attendant celui qui nitrifiera.

J'estime que le chaulage indiqué par M. Faucompret peut très utilement être remplacé par l'apport de scories à la dose de 2000 à 3000 kilogr. à l'hectare.

Conclusion de M. Faucompret : mélanges de fumures chimiques pour prairies, par hectare et par an.

Prairies artificielles	Scories	250	kilogr.
	Engrais potassique	150	—
Prairies naturelles à base de légumineuses	Scories	250	—
	Engrais potassique	150	—
Prairies naturelles à base de graminées	Scories	250	—
	Engrais potassique	150	—
	Nitrate de soude	150	—
Prairies naturelles un peu humides	Scories	250	—
	Engrais potassique	150	—
	Chaux (pour plusieurs années)	3 000	—

En général, les prairies ont besoin d'être aérées tous les printemps. On les hersera donc vigoureusement avec des herses articulées, ou mieux on y fera passer le scarificateur muni de ses couteaux tranchants verticalement, c'est-à-dire monté en régénérateur.

Résultats de l'emploi des scories dans les Vosges[1].

Épinal, le 28 juin 1895.

Je profite d'un instant de calme pour répondre à votre lettre du 18 juin courant, relative aux résultats donnés par les scories de déphosphoration employées comme engrais.

Les réponses ci-après portent les mêmes numéros que les questions auxquelles elles répondent.

1. Scories du Mont-Saint-Martin.



1° Les sols du département des Vosges sont très variés, mais peuvent se classer sous deux catégories :

a) La partie sud-est des Vosges est formée de grès (grès vosgien rouge, grès provenant de granit délité et grès bigarré) contenant peu ou point de potasse, à l'exception du sable granitique qui en contient passablement, et des sols reposant sur une couche d'argile qui, en se mélangeant au sol arable, y apporte un peu de potasse. Ces mêmes sols ne contiennent ni chaux ni phosphate. La faible quantité de ces deux éléments indispensables pour faire vivre des plantes y a été introduite par des engrais. Autrefois, c'était par des cendres de bois, sans lesquelles ce terrain était improductif, et aujourd'hui c'est par les scories ou le phosphate fossile.

b) Dans le côté nord-ouest des Vosges, le sol est formé de calcaire pierreux ou d'argile calcaire (marne) et d'une très faible partie de grès infraliasique. Celui-ci contient généralement un peu de potasse, par suite de l'argile qui y est mêlée. Quant aux terrains calcaires ou argilo-calcaires, ils sont riches en chaux et en potasse, mais contiennent tous une quantité insuffisante d'acide phosphorique.

Les scories de déphosphoration produisent d'excellents résultats dans tous ces sols. Les phosphates fossiles et les superphosphates peuvent remplacer les scories dans les sols sableux, mais sont moins efficaces que les scories dans les sols calcaires.

2° Les scories s'emploient à la dose de 1 000 kilogr. à l'hectare ; quelques cultivateurs augmentent un peu cette dose, et beaucoup la diminuent de moitié, mais ils la renouvellent de deux en deux ans, tandis que les premiers ne remettent l'engrais phosphaté que chaque quatre ou cinq ans.

3° Les engrais phosphatés s'emploient et produisent d'excellents résultats pour tous les genres de récoltes, et surtout sur les prairies permanentes ou temporaires. Le résultat est plus prompt, plus apparent sur les prairies humides que sur les prairies sèches, mais la durée en est moins longue.

4° 1 000 kilogr. de scories à l'hectare augmentent considérablement la qualité du fourrage des prairies, et élèvent la quantité de 2 à 4 pendant trois années de suite en sol frais, et portent cette quantité de 2 à 3, pendant quatre ou cinq ans, en sol sec.

Pour toutes les autres cultures, les scories s'emploient simultanément avec le fumier de ferme : celui-ci, à la dose de 20 à 30 mètres cubes à l'hectare, et les scories à la dose ci-devant indiquée, le tout chaque deux, trois ou quatre ans. La récolte avec le fumier seul, étant représentée par le nombre 2, devient 3, si l'on a ajouté des scories, et la verse des céréales est évitée dans le dernier cas.

Il est important d'observer qu'après une première application des scories il devient urgent d'apporter de la potasse au sol : 500 kilogr. de kaïnite

ou 125 kilogr. de chlorure de potassium à l'hectare, dans les terres sableuses, et moitié dans les terres calcaires. Ces dernières, ai-je dit plus haut, contiennent de la potasse, mais elle n'est pas assimilable immédiatement, et il ne s'en dissout pas chaque année une quantité suffisante pour alimenter une forte récolte de légumineuses, de betteraves ou de pommes de terre.

Lorsque la dose de fumier apportée au sol pour les céréales et principalement pour le froment est faible, ou que ce fumier n'a pas les qualités requises — ce qui arrive souvent, — ces plantes jaunissent quelquefois au printemps, malgré un apport d'acide phosphorique : c'est une preuve que l'azote fait défaut, et c'est alors qu'un peu de nitrate de soude fait merveille.

Mais il est utile de remarquer que cette jaunisse, cette faiblesse des céréales au printemps, est très rare lorsque le sol est pourvu d'acide phosphorique, tandis qu'elle est fréquente et plus difficile à faire disparaître lorsque les engrais phosphatés n'ont pas été employés.

Veuillez agréer, etc...

BRICE.

VII. — Époque de l'emploi des scories. — Nature des sols auxquels elles conviennent. — Quantités à employer.

A quelle époque doit-on employer de préférence les scories pour les diverses cultures ? Dans quels sols doit-on les employer ? A quelle dose ? A quels autres engrais doit-on les associer pour les diverses récoltes qu'on se propose ? La connaissance exacte des scories et les résultats culturaux obtenus des propriétés permettent de répondre d'une manière suffisamment précise à ces points d'interrogation, pour guider les praticiens. L'expérience personnelle et la connaissance de leurs sols indiquera ensuite aux cultivateurs les modifications à apporter aux renseignements généraux que je vais essayer de résumer.

Les scories de déphosphoration présentent cette particularité très importante de n'avoir besoin de subir dans le sol aucune transformation chimique pour être utilisées par les plantes [1]. La combinaison

1. On a, pendant un instant, traité les scories par l'acide sulfurique ; ces superphosphates d'une nature toute spéciale ont été promptement abandonnés par les cultivateurs qui en ont fait l'essai.



de chaux, de silice et d'acide phosphorique, d'où elles tirent leur valeur fertilisante, est directement et immédiatement assimilable par les végétaux. Le suc acide des radicelles de ces derniers dissout l'acide phosphorique au travers de la membrane qui les limite extérieurement. Le phosphate des scories, complètement insoluble dans l'eau, n'est exposé à aucun entraînement dans le sous-sol, par l'action des pluies.

En ce qui concerne leur mode d'application au sol, cette double propriété : insolubilité dans l'eau et solubilité immédiate dans le suc des. racines, différencie les scories de la plupart des autres engrais phosphatés et notamment du superphosphate. L'action de l'acide phosphorique soluble, tel qu'il existe dans les superphosphates, est subordonnée à sa transformation préalable en phosphate de fer, de chaux ou d'alumine insolubles dans l'eau. L'état de très grande division sous lequel l'acide phosphorique du superphosphate se trouve disséminé dans la couche arable, par voie de diffusion, est, selon toute probabilité, la cause prépondérante de sa grande efficacité dans la plupart des sols ; mais les praticiens s'accordent généralement à considérer l'action du superphosphate comme de durée relativement courte : un ou deux ans ; aussi l'emploient-ils à doses moins élevées, mais plus fréquemment renouvelées, que celles que comporte l'usage des scories.

Les conséquences pratiques de l'assimilabilité immédiate du phosphate des scories, jointes à son insolubilité dans l'eau, sont la possibilité de l'employer à toutes les époques de l'année, et l'avantage que j'ai constaté depuis sept à huit ans de son introduction dans le sol en quantités considérables d'un seul coup. Ces deux points méritent quelques développements.

Quand on a, vers 1885, introduit pour la première fois les scories de déphosphoration dans la fumure des terres, on ne connaissait pas leur véritable constitution ; on pensait que, pour devenir utilisable par les récoltes, leur acide phosphorique devait avoir été en contact, pendant un certain temps, avec le sol et y avoir subi des modifications chimiques le rendant soluble et assimilable. Les scories furent donc réservées pour les fumures d'automne. L'expérience d'une part, l'étude plus attentive des propriétés chimiques du phosphate Gil-

christ, de l'autre, sont venues démontrer l'inutilité d'un séjour de quelques mois du nouvel engrais dans le sol, pour le rendre utilisable par les plantes. En 1887, j'ai constaté, l'un des premiers, dans les expériences de culture de l'avoine, à l'École Mathieu-de-Dombasle, l'efficacité des scories répandues dans la terre, quelques jours seulement avant la semaille des céréales de printemps. Depuis cette époque, toutes mes observations personnelles en grande culture, dans mes terres de Lorraine, ont confirmé les essais de 1887, à Tomblaine, et les cultivateurs, assez nombreux aujourd'hui, qui, en France, en Angleterre, en Belgique et en Allemagne, emploient les scories, ont été conduits à la même conclusion que moi, à savoir que l'emploi des scories est efficace à toutes les époques de l'année. Il n'est donc plus besoin, pour les cultures de printemps, de les semer à l'automne, il suffit de les donner au sol au dernier labour qui précède les semailles de mars. En couverture sur les prairies, de décembre à mars, les scories produisent les meilleurs effets ; il en est de même pour les plantes sarclées, les résultats de la culture de pommes de terre au champ d'expériences du Parc des Princes ont mis le fait en évidence. Dès la première année, les scories introduites dans le sol, avec le nitrate de soude et la kaïnite nécessaires, quelques jours seulement avant la plantation des tubercules, ont donné une très abondante récolte.

Voilà donc un premier point élucidé : l'époque de l'emploi des scories est relativement de peu d'importance ; grâce à leur assimilabilité directe, ne nécessitant aucune transformation dans le sol, elles peuvent être employées dans toutes les saisons. L'épandage des scories à l'automne, en vue des cultures de printemps, ne peut avoir d'autre avantage que d'assurer leur dissémination plus grande dans le sol, par les opérations culturales réitérées.

Pour les cultures pérennes, telles que prairies permanentes et temporaires, trèfle, luzerne, etc., l'épandage en couverture donne d'excellents résultats que sont aujourd'hui, je crois, unanimes à proclamer les cultivateurs qui l'ont expérimenté.

Les scories étant, nous l'avons dit, complètement insolubles dans l'eau, ne peuvent agir sur la végétation de nos cultures qu'à la condition d'arriver au contact des racines superficielles ; les pluies

se chargent de cet entraînement *mécanique* du phosphate ; c'est pourquoi il y a avantage à semer les scories à l'époque des pluies, qui aideront à les faire arriver au contact des racines, ou à donner un fort hersage, soit enfin à les enfouir par le labour, suivant la nature des récoltes.

Maintenant que l'on connaît bien l'efficacité de l'acide phosphorique sur le développement et la qualité des fourrages herbacés, il y a lieu, quand l'occasion se présente, d'introduire dans le sol les scories à hautes doses, au moment de la création des prairies ; une fois incorporé à la terre, le phosphate Gilchrist n'a rien à redouter de l'action des eaux : les pluies ne l'entraîneront pas dans le sous-sol ; elles ne lui feront subir aucune modification ni altération pouvant en diminuer la valeur fertilisante ; on peut donc pourvoir le sol destiné à porter, pendant une série d'années, les mêmes récoltes : prairies, vigne, arbres fruitiers, etc., d'une abondante provision de phosphate où puiseront les végétaux au fur et à mesure de leurs besoins, et qui assureront à la plante, mieux encore qu'un épandage en couverture, une large alimentation dont témoigneront hautement les rendements.

A quels sols conviennent les scories? La réponse est implicitement contenue dans ce qui précède. Le phosphate des scories étant directement utilisable par la végétation sans que l'eau, les oxydes métalliques du sol, etc., aient à intervenir pour le rendre assimilable, son efficacité est assurée dans toutes les terres qui ont besoin d'acide phosphorique. Il y a cependant des sols où elle sera plus manifeste que dans d'autres : ce sont les sols siliceux et les sols argileux pauvres en calcaire. Les scories, outre la combinaison phosphatée qui en fait la valeur dans tous les sols, renferment d'importantes quantités de chaux dont une partie à l'état libre. Il s'ensuit que dans les terres presque dépourvues de chaux, si répandues en France, à l'action de l'acide phosphorique viendra s'ajouter celle de la chaux, en partie libre, des scories. On aura donc pratiqué un chaulage véritable par l'introduction de quantités un peu élevées de scories, celles-ci apportant au sol 45 à 50 p. 100 de leur poids de chaux, dont un quart environ à l'état libre. Avant la découverte de Thomas-Gilchrist, ma propriété de Lorraine dont le sol est extrê-

mement pauvre en chaux (0.180 p. 100) et acide phosphorique (0.07 p. 100), recevait, tous les dix ans, 10 mètres cubes de chaux vive, à l'hectare ; l'acide phosphorique était fourni au sol, partie en superphosphates, partie en poudrettes, poudre d'os, phosphate minéral. Depuis que les scories y ont été introduites (1888), le chaulage direct a été supprimé et les rendements des céréales, etc., se sont élevés considérablement. Jusqu'à présent les scories y ont été employées concurremment avec le fumier d'étable, à la dose de 1 000 kilogr. à l'hectare, quantité suffisante pour assurer une bonne récolte pendant cinq ans. Cette quantité correspond à l'introduction, dans le sol, de 450 à 500 kilogr. de chaux, soit environ 100 kilogr. par année.

En sols calcaires, les scories donnent aussi, on l'a vu précédemment, de très bons résultats.

En ce qui concerne les doses de scories à appliquer aux diverses cultures, les nombreux exemples donnés dans les pages précédentes pourraient suffire. J'y joindrai cependant les quelques indications suivantes.

Les quantités d'engrais à employer dans une culture dépendent de deux données : 1° la fertilité du sol, résultant de sa richesse propre en principes nutritifs ou des fumures antérieures ; 2° les exigences de la plante que l'on veut cultiver. C'est au cultivateur qui a étudié son sol, qui en connaît la fertilité approchée, à approprier aux cas spéciaux que présente son exploitation, les règles générales que l'on soumet à ses vérifications. Pour les céréales, et en particulier pour l'avoine, l'orge et le maïs, on peut considérer comme bonne fumure moyenne les quantités suivantes :

Azote : 32 kilogr., soit 200 kilogr. de nitrate de soude.

Acide phosphorique : 80 kilogr., soit 500 kilogr. de scories.

Potasse : 50 kilogr., soit 100 kilogr. de chlorure de potassium.

Ces quantités, pour un hectare, peuvent représenter une dépense de 100 fr. au maximum.

Pommes de terre. — 200 à 225 kilogr. de nitrate de soude, 30 à 50 kilogr. d'acide phosphorique (c'est-à-dire 200 à 300 kilogr. de scories), 50 à 100 kilogr. de potasse.

Betteraves. — 300 à 400 kilogr. de nitrate de soude, 60 à 80 kilogr. d'acide phosphorique (c'est-à-dire 400 à 500 kilogr. de scories), et 100 à 125 kilogr. de potasse.

Turneps, navets. — 300 à 400 kilogr. de nitrate de soude, 50 à 70 kilogr. d'acide phosphorique (c'est-à-dire 300 à 500 kilogr. de scories), et 80 à 100 kilogr. de potasse. Toutes ces indications sont données par hectare.

Voici maintenant les chiffres indiqués par le Dr Stutzer, directeur de la Station agricole de Bonn. Les chiffres sont donnés par hectare.

CULTURES.	SCORIES.	KAÏNITE.	NITRATE DE SOUDE ou sulfate d'ammoniaque.		
			Nitrate.		Sulfate.
—	—	—	—		—
	kilogr.	kilogr.	kilogr.		kilogr.
Blés	800	400	400	ou	300
Pommes de terre	400	»	300		»
Betteraves à sucre, carottes, etc.	900	»	400		»
Betteraves fourragères	700	»	600		»
Légumineuses : pois, fèves, luzerne, trèfle	700	500	»		»
Prairies	600 à 800	500 à 600	»		»
Plantes oléagineuses : pavot, colza, navette	1 200	600	500	ou	400
Plantes textiles : lin, chanvre	400 à 700	200 à 300	200 à 250	ou	150 à 200
Tabac : 150 kilogr. de sulfate de potasse	400	Éviter pour le tabac.	130 à 160	ou	100 à 120
Houblon (par 1 000 rames)	100	75	25		»
Arbres fruitiers (par arbre)	1	2	0,5		»
Vignes (par 1 000 ceps)	100	60	15		»

Les scories conviennent particulièrement aux arbres fruitiers et à la vigne. On trouvera dans l'opuscule *la Fumure des champs et des jardins*[1], toutes les indications nécessaires au sujet de l'emploi des scories dans la création et l'entretien des jardins et des vignobles.

1. 5e édition. In-12. Librairie du *Temps*, 5, boulevard des Italiens.

VIII. — La ferme de Schniftenberg[1].

Une invitation du président de la Société centrale des sections agricoles de consommation de la Bavière rhénane me fournit, l'an dernier, l'occasion de séjourner quelques mois dans cette région, d'y visiter plusieurs exploitations agricoles et de donner, dans les réunions des sections, des conférences sur l'emploi rationnel des engrais chimiques.

Déjà dans la première réunion à Edenkoben, les auditeurs attirèrent mon attention sur les résultats obtenus par l'emploi de fortes quantités de phosphate Thomas et de sels potassiques, par M. L. Schickert, locataire de la ferme de Schniftenberg.

Dans la deuxième réunion, il en fut de même ; je me décidai aussitôt à aller voir cette ferme.

A mon arrivée, je trouvai dans les champs M. Schickert, en compagnie de plusieurs cultivateurs voisins, en train de discuter ce qu'il y avait lieu de faire encore pour les diverses cultures.

D'après les ouï-dire, je m'attendais à trouver une ferme-modèle ; je dois avouer que mon attente fut loin d'être trompée. Mon étonnement augmentait encore quand je comparais les cultures de la ferme de Schniftenberg avec les cultures voisines, pratiquées dans des sols identiques.

Le sol n'est pas naturellement fertile, bien au contraire : il dérive du porphyre. Néanmoins, rarement j'ai vu d'aussi belles récoltes en sols fertiles, jamais je n'en ai vu d'aussi belles dans des sols analogues à celui de Schniftenberg ; il n'y avait aucune lacune dans les champs.

Comme l'orge n'avait pas encore épié et que mon entretien avec M. Schickert me donnait la conviction que j'étais en relation avec un

1. Ayant lu, avec beaucoup d'intérêt, le compte rendu de ses visites à l'exploitation du Schniftenberg, qu'a publié l'an dernier M. le Dr Fr. Giersberg, j'ai jugé utile de le reproduire ici. Cette étude sur la transformation d'un sol des plus médiocres en une terre féconde où la culture est devenue rémunératrice peut être donnée en exemple. Les résultats obtenus par M. Schickert sont de nature à encourager les agriculteurs dont les exploitations sont situées sur un sol pauvre. L. G.



de nos meilleurs praticiens, je promis de renouveler ma visite quelques semaines plus tard, pour examiner la ferme en détail et pour me procurer tous les renseignements sur le passé et sur le présent.

Je revins le 28 juin. Une douzaine des meilleurs cultivateurs étaient réunis à la ferme. En compagnie, on visita les divers champs et les diverses cultures, et on discuta minutieusement sur l'état des récoltes. Les explications que M. Schickert nous donnait prouvaient qu'il était parfaitement initié à tous les détails de la culture; il nous donnait, avec compétence, l'explication de tout ce qui attirait notre attention.

Les champs de seigle étaient remarquablement beaux; rarement j'ai eu l'occasion de voir un tallage et un épiage analogues. Des membres de notre excursion remarquaient des plantes portant 20 à 26 épis; une talle en comptait même 32, contenant chacun environ 40 grains parfaitement développés.

Les champs d'orge ressemblaient à une mer d'épis sans aucun vide.

La seconde coupe de luzerne atteignait déjà 50 centimètres, et les plantes étaient tellement serrées qu'elles formaient un tapis uni sur la surface du champ.

Le contraste entre les champs de seigle et de trèfle de cette ferme avec ceux des fermes voisines était très grand.

Pour compléter mes renseignements, je pris des échantillons de terre dans les divers champs.

L'analyse donna en moyenne :

	AZOTE.	POTASSE.	ACIDE phosphorique.	CHAUX.
	—	—	—	—
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Sol arable . . .	0.12	0.10	0.05	0.45
Sous-sol. . . .	0.08	0.04	0.04	0.38

Ces chiffres indiquent une teneur très faible en éléments minéraux : la potasse, l'acide phosphorique et la chaux existent en quantités relativement beaucoup trop faibles dans le sol. Le porphyre qui a formé le sol est très dur et se désagrège très difficilement; on le voit à la masse de pierres qu'on rencontre en certains endroits des champs.

Je me propose de donner la description de la ferme de Schniftenberg, de faire connaître le système de culture adopté avec tant de

succès par M. Schickert, malgré les conditions si défavorables du sol. Je prouverai, je pense, par là que, avec un travail rationnel, avec l'emploi des moyens dont le cultivateur dispose aujourd'hui, il y a possibilité d'obtenir de notables augmentations de récolte et de réaliser de plus larges bénéfices. Ce doit être, pour le cultivateur, un stimulant de travailler aussi dans cette voie. Le succès couronnera certainement ses efforts.

La ferme de Schniftenberg est située dans la circonscription de Kirchheimbolanden, au nord de la Bavière rhénane, près de la frontière de Hesse; une partie de la ferme appartient même au grand-duché de Hesse-Darmstadt.

L'altitude est de 360 mètres; la situation est froide.

La ferme a une contenance de 71 hectares et demi, dont seulement 4 et demi en prairies. La plus grande partie du sol est pauvre en humus, pierreuse, très peu fertile, très inégale, par conséquent difficile à travailler; 7 hectares et demi sont sablonneux, 15 hectares pierreux, 13 hectares silicéo-argileux, 31 hectares sont en terre limoneuse très tenace. La ferme est inclinée vers le nord-ouest et le sud-est.

Outre la culture de plantes fourragères destinées au nombreux bétail, M. Schickert cultive principalement le seigle et surtout l'orge de cette région, orge si estimée pour la brasserie.

En moyenne, 37 hectares sont destinés aux plantes fourragères et aux plantes sarclées; 20 hectares sont emblavés de froment, de seigle et d'avoine, et 17 hectares d'orge.

M. Schickert entra dans la ferme en septembre 1883.

D'après des renseignements obtenus des cultivateurs voisins, à cette date, les terres étaient tellement négligées et infestées de mauvaises herbes, que la ferme de Schniftenberg était réputée, non sans raison, comme une des plus mauvaises de la Bavière rhénane. C'était une de ces fermes dont, selon le dicton populaire, « tout cultivateur a bientôt son compte ».

Pour améliorer une telle ferme, il fallait un cultivateur actif et intelligent, comme M. Schickert.

Pour donner une idée de la quantité de mauvaises herbes infestant



la ferme, il suffit de dire que les céréales récoltées contenaient de 25 à 30 p. 100 de graines de mauvaises plantes ; on sait cependant qu'une partie des mauvaises herbes mûrissent avant les céréales et disséminent déjà leurs graines avant la récolte.

On comprend combien était difficile la situation de M. Schickert, entré au mois de septembre en possession de la ferme ; à cause de la situation froide, les semailles d'automne doivent commencer vers le 10 septembre.

Impossible donc de penser à nettoyer le sol dans ce premier automne ; mais, appuyé sur des expériences antérieures, M. Schickert employa pour les semis d'automne du superphosphate (superphosphate ammoniacal très riche) et du chlorure de potassium à 50 p. 100. Au printemps, on sema en outre du nitrate de soude. Mais M. Schickert fut déçu dans son attente. Le seigle produisit 15 sacs et demi à l'hectare, et le froment seulement 7 sacs et demi !

M. Schickert attribua son insuccès à la pauvreté du sol en phosphate et en potasse, ainsi qu'à la présence de tant de mauvaises herbes. Aussi résolut-il d'enrichir le sol en éléments minéraux et de détruire les plantes adventices.

Le quart environ de la ferme, 17 hectares et demi, fut laissé en jachère. Au printemps, on fit un labour superficiel, suivi d'un hersage énergique, répété de 10 en 10 jours. Les herbes et le chiendent étaient entravés dans leur développement et mouraient.

Un labour profond enfouit dans le sol les plantes mortes ou incapables de repousser.

Ce procédé cultural détruisit non seulement les mauvaises herbes, mais améliora aussi les conditions physiques du sol. Comme essai, un hectare et demi fut ensemencé en vesces, avec une application de 700 kilogr. de superphosphate et 250 de chlorure de potassium. Cet essai fut encore malheureux, car le fourrage obtenu, ou plutôt ce mélange de mauvaises herbes, suffit à peine à l'entretien de 5 bêtes à cornes durant 11 jours.

La cause de l'insuccès était surtout la pauvreté du sol en potasse et en chaux ; de plus, l'acide phosphorique du superphosphate, se combinant à l'oxyde de fer et à l'alumine, devenait ainsi inactif.

En général, le superphosphate s'est montré peu actif dans la ferme

de Schniftenberg et les fermes voisines; ce fait se constate encore en d'autres endroits du Palatinat, en terrains porphyriques, mais seulement là.

Environ 12 hectares furent plantés de pommes de terre, avec une application, par hectare, de 300 kilogr. de superphosphate, 100 kilogr. de chlorure de potassium et environ 200 kilogr. de nitrate de soude.

On ne perdait pas de vue la destruction des mauvaises herbes; le sol fut soigneusement retourné et hersé, et là où il y avait beaucoup d'herbes et de chiendent, on les ramassait à la main. Avant la levée des pommes de terre, le sol fut encore hersé; quand les lignes des plantes se dessinèrent, l'extirpateur fut employé; le travail de nettoyage à la main ne fut pas non plus négligé; ensuite eut lieu le buttage à la charrue.

Comme la saison était très favorable en juin et en juillet, on réussit de cette façon à se rendre complètement maître des mauvaises herbes. Les pommes de terre comme les céréales d'été donnaient de bonnes récoltes, quand le terrain était bien préparé et bien travaillé. Ainsi l'orge (avec une application de 400 kilogr. de superphosphate, 140 kilogr. de chlorure de potassium et 200 à 240 kilogr. de nitrate de soude) donna un rendement de 2 400 kilogr. de grain, tandis que l'avoine, qui avait été ensemencée dans de mauvaises conditions, donnait à peine 14 sacs.

Par la répétition de fumures, une certaine quantité de l'acide phosphorique du superphosphate put être absorbée par l'orge; mais l'avoine, qui se développait plus lentement, étant semée quelque temps après l'application du superphosphate, ne put utiliser l'acide phosphorique insolubilisé par le sol.

Les prairies donnèrent de meilleurs résultats : durant le premier hiver, elles reçurent une fumure de potasse et d'acide phosphorique; quelque temps avant la reprise de la végétation, elles furent énergiquement hersées : la herse détruisit en grande partie la mousse et mit mieux l'engrais en contact avec le sol.

Grâce à l'humus de la prairie, l'acide phosphorique resta plus longtemps soluble et, déjà dès l'été suivant, les prairies du Schniftenberg se faisaient remarquer entre les prairies voisines.

C'était un plaisir de voir comment les trèfles et autres légumineuses se développaient et formaient un gazon touffu, verdoyant.

Dès la première année, les prairies « à graminées » étaient devenues des prairies « à légumineuses ». La première comme la deuxième coupe fut excellente, tant en quantité qu'en qualité.

Les champs de trèfle donnèrent des récoltes si faibles qu'on eût bien fait de les retourner déjà au printemps.

On le voit, l'année 1884 ne fut guère favorable à M. Schickert; elle lui coûta beaucoup d'argent. Mais il ne se découragea pas, sachant que tout commencement est difficile.

Mais cette année avait prouvé d'une façon péremptoire qu'il n'était possible d'obtenir du sol des récoltes rémunératrices qu'à la condition de le bien travailler et de le fumer abondamment, notamment avec les éléments minéraux : potasse, chaux et acide phosphorique.

Le procédé de culture adopté pour 1885 fut le même que celui de l'année précédente ; 12 hectares et demi furent jachérés ; il ne s'agissait pas encore de limiter l'étendue des terrains réservés aux plantes sarclées, si l'on voulait arriver au but.

Naturellement, pour ne point introduire de mauvaises plantes avec les semences, M. Schickert veillait à avoir des graines de semis absolument pures.

La quantité de potasse et d'acide phosphorique introduite fut encore augmentée; en 1885, les dépenses à ce sujet s'élevèrent à 4650 fr. ; en outre, il employa, comme il le fait encore chaque année, 30 000 kilogr. de chaux.

Tous les terrains ensemencés en 1885 reçurent des engrais chimiques ; le fumier d'étable fut réservé à la jachère, laquelle fut, en outre, phosphatée.

Le chaulage avait pour but de rendre plus meuble le sol très froid et tenace.

Les céréales d'été reçurent au printemps par hectare :

	SUPERPHOSPHATE.	KAÏNITE.	NITRATE de soude.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Orge.	200 à 400	600	200 à 400

Si l'on semait du trèfle dans l'orge, on augmentait la fumure de :

	SUPER-PHOSPHATE.	KAÏNITE.	NITRATE de soude.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Orge	200	200	»
Avoine	260	600	260
Légumineuses	500	800	»
Pommes de terre et betteraves.	300 à 400	600	100 à 300

Cette fumure fut continuée en 1886. En 1885 déjà, M. Schickert put à peu près nouer les deux bouts de l'année, tandis que 1883 et 1884 lui avaient causé un déficit de plus de 15 250 fr.

Les recherches et les publications de M. le professeur Dr Wagner attirèrent, vers la fin de 1886, l'attention de M. Schickert sur le phosphate Thomas (scories de déphosphoration). Il résolut aussitôt de fumer, dès le printemps 1887, la moitié des terres et d'appliquer l'acide phosphorique du phosphate Thomas.

Mais pour se faire une idée de la valeur comparée de l'acide phosphorique du superphosphate et du phosphate Thomas en terre froide et tenace, il établit une série de champs d'expériences, en tenant compte naturellement de la potasse et de l'azote. M. Schickert résume le résultat de ces expériences comme suit :

L'acide phosphorique du superphosphate et celui du phosphate Thomas ont une valeur fertilisante sensiblement égale.

De plus, les essais prouvèrent péremptoirement que le sol contenait des quantités trop faibles de potasse, de chaux et d'acide phosphorique.

Là où l'orge disposait d'une quantité suffisante d'acide phosphorique et de potasse, l'azote produisait complètement ses effets, au point que l'excédent de récolte sur la parcelle non fumée s'élevait même à 2 040 kilogr. ! Si nous calculons l'orge à 20 fr. le sac, l'hectare non fumé rapportait 315 fr., et la terre améliorée par la fumure 723 fr.

Déduction faite du prix des engrais par hectare, 150 fr., il restait un bénéfice par hectare de 247 fr. 50 c.

Le capital-engrais a donc donné 257 p. 100, sans tenir compte de l'excédent de paille et de balles.

Les bons résultats obtenus avec le phosphate Thomas, comme tous les résultats obtenus ailleurs, engagèrent M. Schickert, étant donné le bas prix des scories Thomas, à en employer de plus grandes quantités.

Les tréflières n'en reçurent pas moins de 1 200 kilogr. à l'hectare; l'esparcette et la luzerne pas moins de 1 600 kilogr. Sur certaines parcelles, pour la culture de ces plantes vivaces on enfouissait en automne 1 000 kilogr. de phosphate Thomas aussi profondément que possible, et le sol superficiel recevait en hiver ou au printemps encore 1 000 kilogr. Les récoltes durent s'élever — et s'élevèrent en réalité — avec une fumure si forte en phosphate, et simultanément en chaux et en potasse; bientôt aussi on constatait qu'une fumure si intense n'était plus nécessaire.

En 1888, on donnait encore 1 600 kilogr. de phosphate Thomas et de 600 à 800 kilogr. de kaïnite; ces doses purent tomber, sans déterminer une diminution de récolte, à 1 000 kilogr. de phosphate Thomas et 600 kilogr. de kaïnite.

Ces doses furent conservées et donnèrent de grands bénéfices. Jusqu'à ce jour, on a appliqué au Schniftenberg, en moyenne par hectare: 8 000 à 8 400 kilogr. de phosphate Thomas et 4 000 à 4 400 kilogr. de kaïnite, ou une quantité correspondante de sel potassique, particulièrement de chlorure de potassium; aux pommes de terre on n'applique que ce dernier.

Les récoltes obtenues, en moyenne, par hectare sont résumées dans le tableau suivant:

	1884.	1885.	1886.	1887.	1888.	1889.	1890.	1891.	1892.
Seigle. .	1 550	2 360	2 620	2 810	2 630	2 990	3 410	2 330	3 910
Froment.	700	1 480	1 800	2 230	2 060	»	»	»	3 060
Orge . .	2 400	2 620	2 980	3 290	3 140	3 620	4 090	4 230	3 770
Avoine .	1 400	2 230	3 060	3 380	2 990	4 070	4 360	4 180	3 770

La diminution de récolte en 1888 est due à la grande sécheresse de cette année, qui faillit perdre toute la récolte; la diminution du rendement du seigle en 1891 est due aux grands froids qui détruisirent les céréales d'hiver.

M. Schickert abandonna partiellement, puis totalement, la culture

du froment pour celle de l'orge ; car cette céréale rapporte en moyenne 6 à 8 sacs de plus par hectare, et se vend le même prix que le blé.

Les betteraves fourragères produisent aujourd'hui 60 000 kilogr. et les pommes de terre de 24 000 à 26 000 kilogr. à l'hectare.

Le tableau suivant met en parallèle les rendements actuels et antérieurs.

	AUTREFOIS.	AUJOURD'HUI.
Seigle	1 800 à 2 000	2 400 à 3 000
Froment	1 400 à 1 800	2 400 à 3 000
Avoine	1 000 à 1 400	2 200 à 3 600
Orge	1 600 à 1 800	2 800 à 3 200

J'ai déjà dit un mot des beaux champs de trèfle et surtout de luzerne. Les résultats obtenus sous ce rapport méritent une mention toute spéciale.

Quand M. Schickert entreprit la culture de la ferme, la récolte de fourrage laissait beaucoup à désirer. Depuis cinquante ans, on ne parvenait plus à cultiver le trèfle ; encore aujourd'hui, dans le voisinage, si l'on n'applique qu'une moyenne quantité de phosphate, on n'obtient qu'un trèfle souffreteux. La luzerne ne pouvait absolument pas être cultivée, et les autres trèfles ne produisaient rien.

Les fumures fortes et répétées de phosphate Thomas et de kaïnite ont permis au fermier du Schniftenberg de cultiver la luzerne. Même sur les parcelles très mauvaises, la luzerne réussit admirablement, à l'étonnement de tous les visiteurs. En moyenne, la première coupe donne 6 000 kilogr. de foin et la seconde de 3 600 à 4000 kilogr.

Comme les prairies donnaient un bon rapport, et malgré les insuccès dans la culture de la betterave fourragère durant les premières années, M. Schickert résolut d'augmenter son bétail. Car, se disait-il, le sol bien fumé fournit au moins foin, paille, balles et betteraves pour servir de base à l'alimentation d'un nombreux bétail. Le nombre de têtes de bétail fut porté à 20 ; naturellement, l'introduction d'aliments concentrés, en grande quantité, s'imposait.

Mais il fallait, en regard, augmenter la culture de plantes fourragères. Dans toute la région, on était convaincu que la culture de

trèfle, de luzerne, d'esparcette était impossible ; il ne fallait pas, prétendait-on, compter sur la réussite de ces plantes.

Mais M. Schickert ne se laissa pas arrêter par cette opinion : se fondant sur les bons résultats qu'il avait obtenus en Hesse, il entreprit courageusement la culture de ces plantes.

Cependant les premières tentatives faites avec le trèfle, et surtout avec l'esparcette et la luzerne, étaient si désolantes qu'il fallait le courage de M. Schickert pour continuer dans cette voie. Les plantes, à l'âge d'un an, refusaient de croître ; elles étaient maigres et chétives ; la deuxième année, il ne s'agissait plus de croissance : tout était envahi par l'herbe et les mauvaises plantes, au point qu'il fallut rompre le sol.

La terre était rebelle à la culture du trèfle ; M. Schickert abandonna la culture exclusive du trèfle et essaya un mélange de trèfle et de graminées ; phosphate et potasse furent appliqués. Dans le choix des plantes, on tint compte de la nature du sol, et on choisit de préférence celles qui réussissent, même dans des conditions peu favorables, dans les sols peu fertiles.

On ne pouvait compter que ce mélange enrichirait notablement le sol en azote et qu'il l'améliorerait ; mais entre deux maux il fallait choisir le moindre.

La réussite prouva que l'on avait bien procédé. La première année, on eut deux bonnes coupes ; la seconde année, deux et partiellement trois coupes d'un bon fourrage. Le manque de fourrage était écarté ; il était possible d'augmenter le bétail et de mieux nourrir les animaux existant sur la ferme.

En 1888, la ferme avait un tout autre aspect ; tout portait l'allure d'une culture plus intensive.

Avec l'augmentation de fourrage, augmentait naturellement le nombre de têtes de bétail et les bénéfices procurés par ce dernier.

Des calculs minutieux établirent que le prix obtenu par les produits de la laiterie n'était pas suffisant, en tenant compte de la consommation de fourrage ; de plus, d'ailleurs, on obtenait davantage dans d'autres exploitations.

L'extraction du beurre se faisait encore à la ferme de Schniften-

berg d'après la vieille méthode, surannée, malheureusement encore en usage dans ce pays.

Le lait était placé dans des récipients ; après acidification, on enlevait la crème ; le baratage se faisait 2 à 3 fois la semaine. Le beurre obtenu était loin d'être fin ; il était cédé aux marchands à des prix très faibles, variant entre 1 fr. 42 c. et 2 fr. 37 c. le kilogramme.

Le lait, devenu acide, était donné partiellement aux veaux, partiellement aux porcs ; le reste servait à la fabrication d'un fromage commun.

Le lait ne rapportait que 9 centimes et demi le litre, ce qui ne payait pas les frais de production. Dans ces conditions, le bétail eût été un mal nécessaire ; mais il peut devenir une source de bénéfices.

L'écrémeuse de Bergedorf (écrémeuse à main) donnait de bons résultats ; aussi dès le printemps 1888, M. Schickert en acheta une, et il reconnut que, malgré son inexpérience, il avait été très heureux dans son choix.

Au lieu de 28 litres de lait qu'il fallait auparavant pour produire 1 kilogr. de beurre, il n'en fallait plus que 22 à 24, avec la centrifuge.

Ce progrès engageait naturellement à une production plus abondante de fourrages très nutritifs ; on obtint un lait plus riche, au point que en 1889, 1890, 1891 et 1892, il ne fallait plus en moyenne que $20^{l},4$ à $20^{l},8$ de lait pour obtenir 1 kilogr. de beurre.

Le beurre obtenu était d'excellente qualité, recherché et payé volontiers à haut prix. Aujourd'hui, tout le beurre des quarante vaches laitières est livré à des particuliers au prix uniforme de 3 fr. 125 le kilogramme.

Inutile d'insister sur l'énorme avantage de l'écrémage centrifuge sur l'ancien procédé.

Le litre de lait rapporte, en beurre, 15 centimes, grâce à l'écrémage complet et au prix fixe du beurre.

Le lait écrémé, resté doux, est donné partiellement aux veaux et aux porcs, et partiellement vendu ; d'après l'emploi qu'on fait du lait écrémé, le litre de lait rapporte en moyenne 18 à 21 centimes.

Dans ces conditions, il ne s'agit plus de parler de mal nécessaire au sujet de bétail.

La conclusion qui s'impose est la suivante;

Un travail meilleur et plus profond du sol, combiné avec une fumure abondante et rationnelle, permet d'obtenir dans les conditions actuelles et avec certitude un haut rendement des terres.

Si ces conditions ne sont pas réalisées, on ne parviendra pas à ce résultat.

Il ne me reste plus qu'à montrer l'influence exercée par les procédés de culture de M. Schickert sur les fermes voisines.

Il faut observer, avant tout, que, depuis quatre ans, les résultats de M. Schickert sont universellement connus dans la région ; le prix des parcelles de terre a doublé au moins. Des champs vendus auparavant de 1 000 à 2 500 fr. maximum l'hectare coûtent aujourd'hui 2 000 même 7 500 fr.

Ainsi, par exemple, la commune de Kriegsfeld possède de grandes surfaces de terres légères, qui étaient à vendre auparavant à 600 fr. et à louer à 25 fr. l'hectare ; il y a cinq ans, ces parcelles n'avaient pas de preneurs à ce prix ; aujourd'hui on ne peut plus les obtenir à un prix triple.

L'augmentation de récolte réalisée précisément dans la commune de Kriegsfeld mérite une mention spéciale.

Je me suis efforcé d'obtenir des chiffres exacts ; je mets en parallèle les récoltes moyennes de 1884 et de 1892, par hectare.

	1884.	1892.
Froment . .	1 500 à 1 800 kilogr.	1 950 à 2 700 même 3 000 kilogr.
Seigle . . .	1 800 à 2 250 —	2 250 à 3 000 — —
Avoine . . .	1 050 à 1 350 —	2 100 à 3 300 — 3 600 kilogr.
Orge. . . .	1 350 à 1 650 —	2 700 à 3 300 — —

De plus, l'enrichissement du sol en acide phosphorique et en potasse se manifeste au plus haut point, en sorte que là où il fallait appliquer 1 200 à 1 600 kilogr. de phosphate Thomas, il suffit de 400 à 600 aujourd'hui.

Partout les légumineuses, pois, fèves et vesces réussissent très bien; leur culture a tellement enrichi le sol en azote que l'on peut réduire continuellement l'emploi du nitrate de soude pour les céréales.

M. Schickert est même obligé souvent d'abandonner totalement

l'emploi du nitrate de soude en couverture, sinon les semis acquièrent un développement trop vigoureux.

Partout où l'on sème du trèfle dans les céréales, on n'emploie absolument plus de nitrate de soude.

Par l'emploi de fortes quantités de potasse et d'acide phosphorique, par l'enrichissement du sol en azote au moyen des fumures vertes, on a tellement enrichi le sol en éléments nutritifs, qu'il suffit, pour maintenir les sols dans leur haut degré de fertilité et sans faire fléchir la récolte, d'appliquer seulement de très faibles quantités d'engrais.

L'enrichissement du sol est, tout considéré, très avantageux, même au point de vue économique; ce qui précède le prouve. L'enrichissement du sol fut obtenu partout avec une dépense de 300 à 400 fr. l'hectare, mais par là, on obtenait un excédent de 20 sacs de grain et de 3600 à 4000 kilogr. de paille, et si l'on avait semé en même temps de la luzerne, on récoltait un fourrage vert contenant de 100 à 160 kilogr. d'azote, dont profiteront les récoltes ultérieures.

Les récoltes ultérieures sont maintenues avec une faible dépense annuelle.

Au Schniftenberg, comme dans le voisinage, on est arrivé à la fumure minérale exclusive de Liebig; on obtient, avec une dépense annuelle de 25 à 35 fr., une augmentation de revenu net de 100 à 150 fr.; ces derniers chiffres sont des minima de moyennes de plusieurs années.

L'expérience faite ici prouve que, sans aucun doute, la fumure verte, combinée avec une fumure minérale abondante, permet, avec la même dépense, de fertiliser une surface triple (tout en obtenant un bénéfice net triple) de celle qu'on pouvait cultiver en ayant recours aux engrais azotés, qui deviennent à peu près inutiles.

Tout sol peut, avec une fumure qui lui est appropriée, être porté à un haut degré de fertilité, comme les terres de la ferme de Schniftenberg.

Cette intéressante étude du docteur Giersberg se passe de commentaire; l'exemple de M. Schickert appelle des imitateurs qui ne sauraient manquer de réussir, en suivant la voie si bien tracée par le fermier de Schniftenberg.

IX. — Conditions des achats de scories. — Garantie du titre. Finesse de mouture.

Il nous faut maintenant préciser les conditions dans lesquelles doit se faire tout achat de scories par le cultivateur. La première concerne la teneur des scories en acide phosphorique total ; la seconde a trait à la finesse de mouture des scories. Après avoir examiné ces deux caractères essentiels. qu'on ne doit négliger dans aucun cas de faire préciser dans le marché, j'indiquerai comment se comportent les scories en présence de certains réactifs, tels que le citrate d'ammoniaque neutre ou acide, l'acide citrique, etc., et le compte qu'il y a lieu de tenir de leur examen à ce point de vue, tant pour les achats que pour l'emploi agricole de cet engrais.

1° *Titre des scories en acide phosphorique.*

Comme je l'ai rappelé plus haut, suivant la nature de la fonte traitée par le procédé Thomas-Gilchrist, la composition de garnissage des fours ou cornues, l'allure des opérations métallurgiques, etc., la teneur des scories en acide phosphorique peut varier de 8 à 24 p. 100 et quelquefois davantage. La première condition équitable des marchés, tant pour les producteurs que pour les acheteurs, est donc la vente *au degré* réel d'acide phosphorique, dans la scorie qui fait l'objet d'un marché. Si simple et rationnel que paraisse ce principe, il est loin d'être universellement appliqué et je crois devoir insister sur la nécessité d'en faire désormais la base de tous les contrats de vente.

Des règles que nous souhaitons voir adopter pour tout achat d'engrais, les unes sont générales, applicables à toutes les matières fertilisantes ; les autres spéciales et parfois différentes d'un engrais à un autre. Examinons successivement leur application aux scories. Tout engrais tirant sa valeur du poids du ou des principes fertilisants qu'il renferme, la fixation de son prix doit toujours avoir pour point de départ sa teneur centésimale en chacun des éléments utiles : acide phosphorique, azote, potasse, etc. La vente doit être faite à

l'*unité*, quel que soit d'ailleurs le prix que les conditions du marché affectent à cette unité, d'après la nature de la combinaison chimique où se trouvent engagés les éléments utiles.

Lorsqu'il s'agit de phosphates minéraux ou de scories, la base du marché doit être le nombre de kilogrammes d'acide phosphorique réel, calculé à l'état anhydre (PhO^5), contenu dans 100 kilogr. de l'engrais.

La teneur en acide phosphorique pouvant, dans un lot de scorie bien fabriqué, de provenance déterminée, varier, comme dans un superphosphate, de 1 à 2 p. 100, la vente doit être faite sur un minimum de teneur en acide phosphorique, garanti par le vendeur. Il doit être entendu que la marchandise sera payée, d'après analyse, à l'unité d'acide phosphorique réel, c'est-à-dire qu'il sera tenu compte au vendeur de toute quantité excédant la garantie minima donnée par lui, défalcation faite de la tolérance dans le titre dont nous parlerons plus loin.

Prenons un exemple pour bien préciser la question. Un cultivateur achète 1 000 kilogr. de scories au titre garanti par le vendeur de 16 à 18 p. 100 d'acide phosphorique total et au prix débattu de 0 fr. 25 c. l'unité, par exemple, livraison au magasin du négociant. Trois cas peuvent se présenter : 1° la scorie vendue donne à l'analyse une teneur de 16 p. 100 d'acide phosphorique ; 2° l'analyse n'accuse que 15 p. 100 d'acide phosphorique ; 3° enfin, l'engrais dose, par exemple, 19 p. 100 du même corps. Comment devra se régler le prix des 100 kilogr. de scories dans chacun de ces cas, en supposant d'ailleurs remplies les autres conditions que doit réaliser la livraison et que nous examinerons plus loin ?

1er cas : La scorie devra être payée 0 fr. 25 c. $\times$ 16 $=$ 4 fr. les 100 kilogr.

2e cas : Le minimum garanti n'étant pas atteint, l'acheteur sera en droit strict de refuser la marchandise et le vendeur devra la reprendre sans élever de difficultés. Si le cultivateur juge qu'il peut accepter livraison, malgré ce manquant d'une unité d'acide phosphorique (soit un manquant de près de 7 p. 100 sur la quantité qu'il comptait recevoir), le prix de l'engrais sera réglé à 0 fr. 25 c. $\times$ 15 $=$ 3 fr. 75 c. les 100 kilogr.

3e cas : La scorie titre 19 p. 100. Son prix sera alors de 0 fr. 25 c. $\times$ 19 = 4 fr. 75 c.

Ce mode d'évaluation de la valeur des 100 kilogr. d'engrais supprime tout aléa pour le vendeur, comme pour l'acheteur, tandis que la vente à un prix ferme par 100 kilogr. d'engrais, lèse l'acheteur ou le vendeur, suivant les variations dans la teneur en principes utiles.

La vente des scories à prix ferme aux 100 kilogr., pratiquée par certaines maisons de commerce, nous offre un exemple frappant du préjudice que ce mode de transaction cause à l'une des deux parties, lorsque la garantie n'est pas limitée à un écart de 1 à 2 p. 100 tout au plus. Je m'étonne que ce mode n'ait pas disparu, pour faire place à la seule base équitable que nous venons d'indiquer.

On trouve, dans le commerce, des scories vendues à un prix ferme des 100 kilogr., avec la rubrique de garantie : 12 à 18 p. 100 d'acide phosphorique. Supposons qu'elles soient offertes à 3 fr. 75 c. les 100 kilogr. à l'usine et voyons quelle perte subiront l'acheteur ou le vendeur suivant que la marchandise titrera 12, 13, 14... et 18 p. 100 d'acide phosphorique, c'est-à-dire aura une teneur comprise dans les limites de la garantie. Le tableau suivant va nous renseigner à ce sujet :

TITRE des scories.	PRIX de l'unité d'acide phosphorique.	VALEUR des 100 kilogr. à 0f,25 l'unité.
12 p. 100.	0f,3125	3f,00
13 —	0 ,2885	3 ,25
14 —	0 ,2688	3 ,50
15 —	0 ,2500	3 ,75
16 —	0 ,2340	4 ,00
17 —	0 ,2204	4 ,25
18 —	0 ,2085	4 ,50

L'acheteur est donc exposé à payer l'acide phosphorique 31 ou 21 centimes, soit un tiers plus cher dans un cas que dans l'autre, suivant que le hasard l'aura mis en possession d'un lot de scories titrant 12 ou 18 p. 100 d'acide phosphorique : il en est de même, en sens inverse, pour le vendeur. Ce n'est pas tout : ce mode de transaction présente encore pour le cultivateur deux graves inconvénients ; le premier est de lui faire payer le même prix pour le trans-

port de 120 kilogr. ou de 180 kilogr. d'acide phosphorique; le second de l'exposer à répandre des quantités très différentes de phosphate sur ses champs, s'il s'en tient à l'indication beaucoup trop vague de la garantie des vendeurs.

Pour ces diverses raisons, les agriculteurs doivent exiger un écart beaucoup plus faible entre les teneurs garanties d'acide phosphorique et en régler le prix, ce qu'acceptent, j'ai hâte de le dire, la plupart des négociants, sur l'unité d'acide.

Dans le cas de la garantie fixée à 16 ou 18, par exemple, sans indication de vente à l'unité, l'écart est beaucoup plus faible 0,026 (deux centimes six dixièmes), mais il est bien préférable d'adopter la vente à l'unité réelle.

2° *Tolérance relative au titre.*

La vente sur titre, à l'unité de principe fertilisant, a encore un autre avantage très appréciable : elle fait disparaître presque complètement les difficultés qui s'élèvent fréquemment entre vendeurs et acheteurs au sujet de la latitude laissée pour la garantie : il n'y a plus qu'à s'entendre sur la tolérance à admettre, dans la fixation du titre par l'analyse.

Dans l'analyse d'un échantillon de la plupart des engrais phosphatés homogènes bien préparés, ce qui est le cas des scories et des superphosphates, on peut toujours répondre du dosage de l'acide phosphorique à une demi-unité près, c'est-à-dire 0.5 p. 100. Il résulte de là qu'un écart de 1/2 p. 100 dans le dosage, en dessous ou au-dessus de la garantie, est la limite qui doit être considérée comme ne pouvant donner sujet à réclamation de part ni d'autre. On voit que, si l'on admet la vente à l'unité et que cette unité vaille 0 fr. 25 c., il ne pourra résulter de l'analyse qu'une différence, en plus ou en moins, sur le prix des 100 kilogr. d'engrais, de 12 centimes et demi, somme insignifiante.

De ce qui précède découle le conseil formel que je donne aux cultivateurs de préférer à tout autre mode d'achat la base d'une garantie minimum et d'un prix fixé à l'avance, par unité d'acide phosphorique.

3° *Finesse de mouture des scories.*

La teneur des scories en acide phosphorique n'est pas la seule condition dont on doive tenir compte dans leur achat. Le degré de finesse auquel les a amenées le broyage a beaucoup d'importance surtout pour les scories très siliceuses.

Il y a dix ans, en 1885, lorsque j'ai, l'un des premiers en France, je crois, appliqué les scories sur une certaine échelle dans mes propriétés et à l'école d'agriculture Mathieu-de-Dombasle, on n'avait pas encore introduit le broyage des laitiers dans les aciéries.

L'aciérie de Mont-Saint-Martin me livrait les scories en fragments plus ou moins volumineux, produits de la désagrégation spontanée des laitiers à l'air et simplement passés à la claie pour en séparer les morceaux trop volumineux. Ces scories, qui étaient extrêmement calcaires, se délitaient assez rapidement au contact du sol humide et devenaient très promptement utilisables par les plantes. Aujourd'hui, par suite des modifications et des perfectionnements apportés au procédé Gilchrist, les scories, au sortir des appareils, se présentent, le plus souvent, sous forme de masses très compactes, presque toujours très dures ; répandues dans les champs après avoir été seulement grossièrement concassées, elles demeureraient longtemps inactives. On a donc été conduit à les amener, par un broyage énergique dans des moulins spéciaux, à un grand état de division. Suivant les usines où on les traite, elles renferment de 75 à 92 p. 100 de poudre passant au tamis n° 100, dont les mailles présentent un écartement de $0^{mm},17$. L'acheteur peut donc exiger une garantie de 75 à 80 p. 100 de poudre passant au tamis n° 100.

4° *Mouture des scories.*

Les figures 1 et 2, représentent l'un des meilleurs systèmes de broyeurs appliqués à la mouture des scories (système Lœhnert). La figure 1 montre l'appareil vu de face ; la figure 2 en donne une coupe transversale. Le moulin consiste essentiellement en une caisse métallique dans laquelle se meut un tambour qui renferme des bou-

lets d'acier de 8 à 10 centimètres de diamètre et d'un poids total de 1 000 kilogr. environ, par moulin.

Ces boulets projetés par la vitesse de rotation du tambour, dans le sens indiqué par les flèches (fig. 2), retombent incessamment sur la masse des scories qu'ils réduisent en poudre ; une première tôle percée, portant 49 mailles par demi-centimètre carré, retient les fragments grossiers ; la poudre, séparée par ce premier tamisage, doit traverser une autre tôle dont les mailles ont un écartement moindre. Finalement, la scorie fine qui sort de l'appareil pour être ensachée, contient de 75 à 92 p. 100 de poudre passant au tamis 100, dont les mailles n'ont qu'une ouverture de $0^{mm},17$.

A l'usine de Beauregard, près Thionville, que j'ai visitée à l'automne de 1894, au moment où son installation venait d'être terminée, et qui comporte, par conséquent, les derniers perfectionnements, j'ai pu suivre le travail de la pulvérisation depuis son début. Huit moulins Lœhnert fonctionnaient à ce moment. L'usine en comptera trente lorsqu'elle sera achevée. Chaque moulin, actionné par une force motrice d'environ trente chevaux-vapeur, moud, par vingt-quatre heures, 250 tonnes de scories. Les scories provenant des usines de Jœuf (Meurthe-et-Moselle) et de Hayange, arrivent par chemin de fer dans la cour de l'usine. On les décharge sur une plate-forme où on les réduit, à la masse, en morceaux mesurant de 15 à 20 centimètres de côté. Les fragments sont envoyés à la mouture, distante d'environ 200 mètres, par un porteur aérien Howard, et, de là, passent dans les trémies (fig. 1) de chacun des moulins. Les fragments d'acier mêlés aux scories et représentant environ 2 p. 100 du poids de la matière première mise en traitement, restent dans la partie moyenne du tambour ; on les en extrait tous les huit à dix jours. Tous les moulins sont reliés par une cheminée (fig. 1) à un tube aspirateur qui entraîne, à l'aide d'une ventilation énergique, toutes les poussières fines qui, sans cela, se répandraient dans l'air et nuiraient gravement à la santé des ouvriers. La récolte de la chambre à poussière est d'environ 10 tonnes par semaine. Les scories moulues s'échappent par la trémie inférieure (fig. 1) et sont ensachées. Un ouvrier prélève sur chaque sac un échantillon de la matière moulue : tous les jours on détermine au laboratoire la

richesse en acide phosphorique du produit moyen de la journée. La finesse moyenne de la mouture obtenue à Beauregard est de 84 p. 100 de poudre, passant au tamis 100. La garantie de finesse donnée aux acheteurs est de 75 p. 100. La mouture des scories s'opère dans toutes les aciéries par des procédés analogues à ceux qu'on emploie à Beauregard.

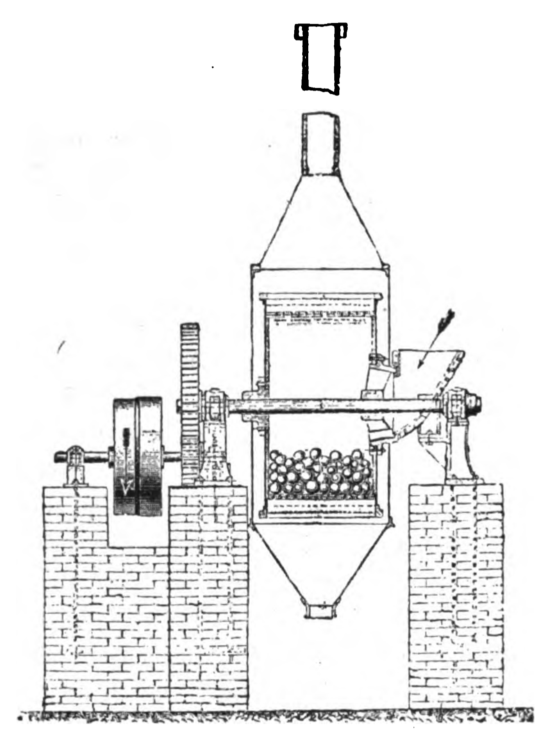


Fig. 1. — Broyeur à scories Lœhnert, vu de face.

En résumé, les trois conditions d'un marché équitable de scories de déphosphoration sont, d'après ce qui précède, les suivantes :

1° Garantie d'une teneur d'acide phosphorique ne présentant pas un écart de plus de 2 p. 100, sur le taux garanti : 14-16 ; 16-18 ; 18-20, par exemple ;

2° Garantie d'une finesse (tamis 100) de 75 à 80 p. 100 de la masse des scories ;

3° Fixation du prix de l'unité d'acide phosphorique, d'après le-

quel la valeur des 100 kilogr. de scories sera établie, suivant teneur.

Il va sans dire que, conformément à la loi de 1888, le vendeur est, en outre, tenu de garantir, sur facture, l'origine et la pureté de

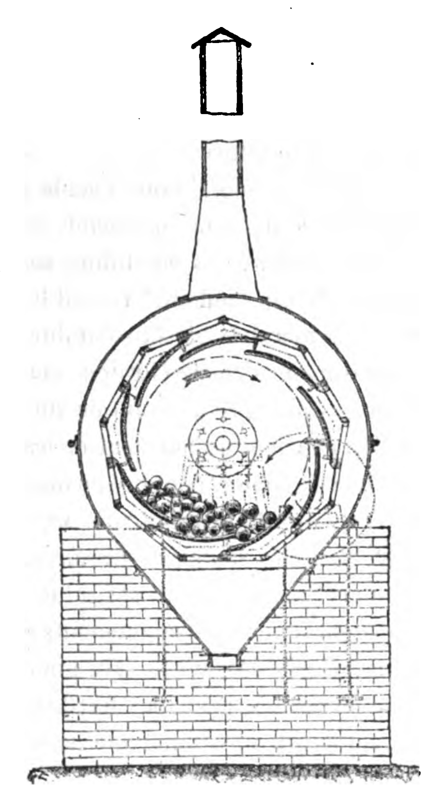


FIG. 2. — Coupe transversale du broyeur Lœhnert.

la marchandise, c'est-à-dire l'absence de toute addition, aux scories de déphosphoration, de phosphate minéral ou autre substance.

J'aurai occasion d'indiquer plus loin les falsifications auxquelles donnent fréquemment lieu les scories et les moyens de s'en garantir.

Il me reste maintenant à examiner la question de solubilité des phosphates des scories dans divers réactifs et la valeur des indications qui en découlent pour l'agriculture.

X. — Solubilité des scories dans le citrate acide. Discussion de la valeur de ce caractère.

1° *Expériences de M. P. Wagner.*

Je viens d'indiquer les conditions fondamentales qui doivent servir de bases aux achats de scories de déphosphoration, savoir :

1° Dosage garanti en acide phosphorique total ;

2° Degré de finesse de la mouture ;

3° Fixation du prix de la scorie à l'unité d'acide phosphorique.

Suffisent-elles à l'agriculteur pour apprécier, avant leur emploi, la valeur fertilisante des scories? Ces conditions sont-elles les seules que l'acheteur doive exiger du vendeur? Y a-t-il lieu, au contraire, de tenir compte, lors des marchés, de la solubilité des scories dans certains réactifs et notamment dans le citrate acide d'ammoniaque? Quelle est la valeur de ce caractère au point de vue de la fixation du prix des scories? Si l'on convient de faire entrer les indications qu'il fournit, dans les contrats de vente, dans quelle limite faut-il le faire? La réponse à ces diverses questions mérite un examen attentif; aussi entrerai-je, à ce sujet, dans les détails nécessaires, pour permettre à mes lecteurs de se faire une idée nette des solutions qu'elles comportent dans l'état présent de nos renseignements à ce sujet.

La valeur d'un engrais n'a pas, on le sait, pour seule mesure la teneur absolue de ce dernier en principes fertilisants ; elle dépend, pour une large part, du degré d'assimilabilité de chacun de ces principes.

Des quantités égales d'azote, d'acide phosphorique ou de potasse, données dans le même sol sous des formes différentes : fumier, laine ou corne, nitrate, superphosphate, phosphates divers, etc., ne produisent pas des récoltes égales de la même plante. L'état de combinaison chimique sous lequel l'engrais offre au végétal les principes fertilisants influe d'une façon très marquée sur les rendements ; tous les cultivateurs le savent. Il résulte de ce fait d'observation que, si nous pouvions déterminer, à l'avance, par l'analyse de l'engrais ou par des expériences culturales susceptibles de généralisation, une relation étroite entre l'état chimique des principes fertilisants

et les rendements que fournira leur application au sol, nous serions en possession d'un criterium précieux de la valeur agricole des divers engrais.

On a depuis longtemps proposé l'emploi de différents réactifs pour apprécier *à priori* le degré d'assimilabilité des matières phosphatées que l'industrie offre à l'agriculture : c'est ainsi qu'on a successivement pensé pouvoir, d'après le taux pour 100 d'acide phosphorique dissous par les divers réactifs (eau chargée d'acide carbonique, acide oxalique et oxalates, citrates et acide citrique, acides énergiques, etc.), établir une sorte d'échelle entre le degré d'assimilabilité des phosphates par les plantes et en déduire, par conséquent, la valeur agricole relative des différentes formes d'acide phosphorique.

Les indications fournies par cette méthode sont intéressantes, mais il faut se garder de leur attribuer une valeur absolue : c'est à l'expérience culturale qu'on doit demander de prononcer, en dernier ressort, sur la valeur des divers phosphates, valeur variable avec la nature de récoltes, mais surtout avec les conditions physiques et chimiques des sols auxquels on applique les engrais.

Les essais directs d'assimilation par la plante, faits en pots sur un volume restreint de terre analysée ou dans un sol artificiel, comme on les pratique dans le laboratoire, fournissent des renseignements précieux sur le rôle physiologique des matières fertilisantes, d'après la nature des combinaisons dans lesquelles elles sont engagées. Ils nous renseignent sur les quantités minima d'acide phosphorique, d'azote ou de potasse, nécessaires au développement d'un végétal, mais ils ne suffisent pas pour résoudre la question qui importe avant tout au praticien, à savoir : quelle quantité d'engrais, et sous quelle forme, doit être appliquée dans les champs à telle ou telle récolte. Le champ d'expériences bien dirigé, à la condition de prolonger un essai d'engrais dans la même direction pendant une période suffisamment longue, cinq ans au moins, conduit à des résultats très concluants, en ce qui regarde, *pour un sol donné,* l'utilisation des matières fertilisantes par la récolte, utilisation dont la mesure est fixée approximativement par les rendements obtenus.

Les enseignements fournis par le champ d'expériences sont souvent très différents de ceux que donnent les essais physiologiques

faits en pots au laboratoire, et se rapprochent davantage des résultats de la grande culture. La cause principale de ces différences est que les conditions d'aération, d'insolation, de nitrification, etc., sont très différentes dans les deux modes d'expérimentation. Les cultures *physiologiques* ont l'avantage, sur les essais dans le champ d'expériences, de soustraire les plantes aux actions perturbatrices qui accompagnent toute culture en plein champ : elles renseignent mieux sur les exigences alimentaires des plantes, mais moins bien sur l'influence des engrais sur les rendements des récoltes. C'est, en réalité, de la combinaison des résultats obtenus à l'aide de ces divers moyens d'investigation : caractères chimiques des matières fertilisantes, essais physiologiques et essais culturaux dans le champ d'expériences, qu'on peut déduire les probabilités relatives à l'action de tel ou tel engrais et les excédents de rendement à espérer de leur application dans la pratique.

Sous le bénéfice des remarques qui précèdent, je vais aborder l'examen des caractères de solubilité spéciaux aux scories[1].

Je rappellerai d'abord les caractères de solubilité des diverses formes d'acide phosphorique. Le phosphate tribasique de chaux (phosphate minéral) est insoluble dans l'eau, très faiblement soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique, insoluble dans le citrate d'ammoniaque neutre ou alcalin, à peine soluble (suivant la provenance des phosphates) dans le citrate d'ammoniaque acide ou dans l'eau contenant 1 à 1.5 p. 100 d'acide citrique libre.

L'acide phosphorique des superphosphates est soluble dans le citrate d'ammoniaque neutre ou alcalin, et, en très grande partie, dans l'eau.

Le phosphate des scories ($PhO^5.4CaO + SiO^2.CaO$), insoluble dans l'eau, s'y dissout facilement en présence des matières organiques ou de l'acide carbonique ; il est légèrement soluble dans le citrate ammoniacal neutre ou alcalin, très soluble dans le citrate d'ammoniaque acide et dans l'acide citrique étendu (1 à 5 d'acide pour 100 parties d'eau).

1. Toutes les données relatives à la solubilité des scories et des autres phosphates se rapportent à la matière finement pulvérisée.

P. Wagner et, après lui, M. Mærcker ayant constaté : 1° que la solubilité des scories dans le citrate d'ammoniaque acide n'est pas égale pour toutes les scories ; 2° qu'il y a une relation entre la solubilité de la scorie et son assimilation par la plante dans les essais en pots, ont pensé que ce caractère devait entrer dans la détermination de la valeur vénale et agricole de cet engrais. Ils ont donc proposé de prendre en considération dans l'achat des scories, non seulement leur degré de finesse et leur richesse en acide phosphorique total, mais encore le taux de phosphate soluble dans le citrate ammoniacal acide.

Leur opinion repose sur les relations (déduites d'expériences en pots) entre la teneur des différentes scories en phosphate soluble et le poids des récoltes obtenues à leur aide.

La question présente un réel intérêt pour l'agriculture ; examinons-la sous ses diverses faces, en commençant par exposer les expériences de P. Wagner et celles de Mærcker.

a) *Différences de solubilité des scories.* — 23 échantillons provenant d'un nombre d'aciéries égal ont été examinés par Wagner à ce point de vue : il y a dosé l'acide phosphorique total (col. 1), l'acide soluble dans le citrate acide (col. 2) et de la comparaison des deux chiffres obtenus, il a déduit le taux pour 100 inscrit dans la 3e colonne du tableau ci-dessous :

NUMÉROS des usines.	ACIDE phosphorique		TAUX du soluble.	NUMÉROS des usines.	ACIDE phosphorique		TAUX du soluble
	soluble.	total.			soluble.	total.	
—	—	—	—	—	—	—	—
	p. 100	p. 100	p. 100		p. 100	p. 100	p. 100
1 . .	15.85	14.69	93	13 . .	16.73	12.41	74
2 . .	17.66	16.32	92	14 . .	20.00	13.94	70
3 . .	19.86	17.45	88	15 . .	20.97	14.22	68
4 . .	16.91	14.71	87	16 . .	20.96	14.13	67
5 . .	14.35	11.82	82	17 . .	17.29	11.43	66
6 . .	14.92	12.08	81	18 . .	21.39	13.82	65
7 . .	14.48	11.70	81	19 . .	22.51	15.07	64
8 . .	15.99	12.92	81	20 . .	23.63	14.84	63
9 . .	17.33	13.77	79	21 . .	20.99	12.82	61
10 . .	15.52	12.18	78	22 . .	22.77	12.06	53
11 . .	18.10	14.05	78	23 . .	18.65	7.27	39
12 . .	13.29	9.81	74				

Ces chiffres montrent que la solubilité dans le citrate acide est

très différente d'une scorie à l'autre, allant de 39 à 93 p. 100 de l'acide phosphorique total. Ces grands écarts de solubilité ont donné l'idée à P. Wagner d'expérimenter comparativement la valeur fertilisante d'une *même quantité* d'acide phosphorique, de solubilité inégale dans le réactif citrique. Il a choisi, pour ces expériences, des scories de richesse totale et de solubilité très différentes; même dose d'acide phosphorique a été donnée à chaque vase contenant même volume de terre; les essais ont été faits sur du seigle d'été, en sol limoneux, additionné, en même temps que de scories, d'azote et de potasse en quantités convenables.

b) *Relation de la solubilité avec le poids de la récolte.* — Renvoyant mes lecteurs aux mémoires originaux de P. Wagner, pour tous les détails, je me bornerai à reproduire le tableau suivant qui en résume le résultat essentiel, c'est-à-dire la relation entre la teneur de la scorie en phosphate soluble au citrate acide et la production végétale correspondante.

I[1].	II[2].	III[3].	IV[4].	V[5].	VI[6].
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
1.	8.49	8.44	99	100	100
2.	16.84	14.17	84	85	80
3.	18.04	14.48	80	81	72
4.	16.34	11.68	71	72	72
5.	18.56	13.47	73	73	66
6.	18.49	13.91	75	76	63
7.	23.90	9.28	39	39	40
8.	22.78	10.79	47	48	38
9.	24.62	10.34	42	42	38
10.	19.57	8.67	44	45	31
11.	24.29	9.12	38	38	30

1. Numéros des scories provenant de diverses usines.

2. Richesse en acide phosphorique total.

3. Teneur en acide phosphorique soluble dans la solution citrique.

4. Taux d'acide phosphorique soluble dans la solution citrique, p. 100 d'acide phosphorique total.

5. Rapports de la teneur des scories en acide phosphorique soluble, la teneur en cet acide de la scorie n° 1 étant égale à 100.

6. Valeur fertilisante des différentes scories, par rapport à celle du n° 1 prise pour unité (égale à 100).

M. P. Wagner tire de ces expériences les conclusions suivantes, que je me réserve de discuter, après avoir rapporté les essais de Mærcker :

1° Dans l'état actuel de nos connaissances, il ne suffit pas, dans l'intérêt de l'acheteur, de baser le marché uniquement sur la teneur de la scorie en acide phosphorique total et sur sa finesse, la valeur fertilisante de l'acide phosphorique des scories d'origines différentes étant variable, à finesse de mouture égale ;

2° Le tableau ci-dessus montre qu'il y a une *concordance approchée* entre les résultats fournis, d'une part par la culture, de l'autre par la solution citrique ;

3° La concordance est *approchée*, elle n'est nullement absolue : dans certains cas, les écarts sont même considérables ; d'ailleurs, il n'y a pas moyen d'obtenir une concordance parfaite entre des résultats culturaux et une méthode purement chimique donnant la solubilité de l'acide phosphorique des scories.

Plus loin, P. Wagner ajoute : « Je ne dis pas que tous les phosphates qui se montrent solubles, d'après ma méthode, dans la solution citrique, ont la même valeur fertilisante ; je dis seulement — et j'insiste sur la portée limitée de mon affirmation — que tous les phosphates que nous trouvons insolubles ou difficilement solubles, d'après notre méthode, dans la solution citrique, auront, dans les conditions culturales ordinaires, une valeur fertilisante bien inférieure à celle des phosphates solubles dans le citrate. »

Je reviendrai plus loin sur cette opinion de P. Wagner qui me paraît beaucoup trop radicale, d'après les faits que j'ai constatés dans mes champs d'expériences, depuis bien des années. La conclusion finale de P. Wagner, en ce qui touche les conditions d'achat des scories, est la suivante : « Je ne recommande pas de vendre dorénavant les scories d'après leur solubilité citrique : ce serait impraticable et inexact : *impraticable* parce que « l'analyse citrique » n'a pas le degré de rigueur qu'exigent et doivent exiger les intéressés ; ce serait *inexact* parce que le degré de solubilité dans la solution citrique d'une scorie ne fournit pas une expression adéquate et absolue de la valeur fertilisante de ce produit, mais donne un point de repère approximatif pour juger de la

valeur relative des scories et fournit des indications sur leur pureté[1];

4° Comme auparavant, les scories doivent être vendues d'après leur teneur en acide phosphorique total. Mais le fournisseur doit être amené à donner la garantie que l'acide phosphorique qu'il livre possède une solubilité déterminée, par exemple 80, 70, 60, 50 ou 40 p. 100, dans la solution citrique: on pourrait accorder au vendeur une tolérance d'environ 5 p. 100.

Lorsque j'aurai mis sous les yeux de mes lecteurs les expériences et l'opinion de Mærcker sur le même sujet, je discuterai les conclusions de P. Wagner qui me semblent devoir être modifiées sur plusieurs points importants.

2° *Expériences de Mærcker.*

En 1893, le professeur Mærcker avait institué à la station de Halle des essais de culture en pots, dont les résultats concordèrent avec ceux des expériences de P. Wagner, montrant qu'il existe une relation assez approchée entre la solubilité des phosphates dans le citrate d'ammoniaque acide et l'influence des scories sur la production végétale.

Dans la première année de leur application, quatre scories, d'origine différente, ont donné à l'analyse et comme action sur la végétation, les résultats suivants :

	ACTION sur la végétation.	SOLUBILITÉ dans le citrate.
	—	—
1. Scorie Rhénane.	100.0	100.0
2. — —	82.3	88.5
3. — de Peine.	77.3	72.6
4. — de Tœplitz. . . .	66.5	59.9

Il s'agissait de constater, en 1894, si l'influence des scories se manifesterait dans le même sens sur la seconde récolte, car il se pouvait que l'action fertilisante des scories peu solubles donnât à la

1. P. Wagner, *Question des engrais,* 1894. Nous verrons que le réactif Wagner est un des moyens de constater les falsifications des scories.

seconde ou à la troisième récolte un meilleur résultat que dans la première année de leur incorporation au sol. En 1894, Mærcker cultiva successivement, dans les mêmes vases, de l'orge et de la moutarde d'automne. Les vases reçurent la quantité d'azote nécessaire à la végétation. Quant à la potasse, elle avait été, en 1893, donnée en quantité suffisante pour nourrir plusieurs générations de plantes.

Je réunis dans le tableau suivant les résultats de ces expériences, assez voisins de ceux de la première année, comme on va le voir :

	SOLUBILITÉ au nitrate.	POIDS DES PLANTES OBTENUES. 2e récolte : Orge.			3e récolte : Moutarde.		
		0gr,75	1gr,50	3 gr.[1]	0gr,75	1gr,50	3 gr.[1]
1. Scorie Rhénane.	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	100
2. — .	88.5	42.3	80.4	60.0	53	64	50
2. — .	72.6	27.5	41.6	70.0	48	48	45
3. — .	59.9	3.0	12.3	11.5	41	47	»

On remarquera que l'action fertilisante des scories augmente sensiblement la seconde année. Il importait de déterminer les quantités d'acide phosphorique que les diverses scories avaient cédées aux plantes récoltées. Si réellement, la solubilité dans le citrate, dit Mærcker, donne les mesures de son efficacité sur la végétation, l'assimilation de l'acide phosphorique par les plantes doit atteindre son maximum sous l'influence des scories les plus solubles. Le tableau ci-après, qui réunit toutes les données de l'expérience, est très intéressant.

De la comparaison des chiffres qui y sont inscrits, Mærcker tire les deux conclusions suivantes :

1° Les scories qui renferment la plus grande proportion d'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque acide, non seulement donnent, la première année de leur emploi, les plus hauts rendements, mais ils agissent sur la végétation de la plante qui suit la première récolte beaucoup mieux que les scories pauvres. La moutarde (3e récolte) a encore utilisé l'acide phosphorique des

1. Quantités d'acide phosphorique par pot.



Action des scories dans la seconde année.

ORIGINE des scories.	ACIDE phosphorique en grammes	PAILLE en grammes.	GRAINS en grammes.	RÉCOLTE totale.	EXCÉDENT sur le sol non fumé.	ACIDE PHOSPHORIQUE DE LA RÉCOLTE en grammes. 1893. — Blé de printemps.	1894. — Orge.	Acide phosphorique total.	Excédent sur le sol sans acide phosphorique.	Taux pour 100 d'acide phosphorique assimilé	RAPPORTS des rendements à la solubilité des phosphates.		MOUTARDE. Récolte en grammes	Excédent sur le sol non fumé.	Rapport de la récolte à la solubilité.	Solubilité au citrate.
Sans fumure phosphatée.	"	14,40	2,22	16,62	"	0,005	0,018	0,023	"	"	"	"	11,0	"	"	"
Acide phosphorique soluble [1]	0,75	23,00	13,62	36,62	10,00	0,231	0,073	0,304	0,281	37,5	"	"	36,4	25,4	"	"
	1,50	62,30	38,23	100,53	83,91	0,435	0,193	0,628	0,605	40,3	"	"	91,8	80,8	"	"
	3,00	114,60	70,61	185,21	168,59	0,444	0,315	0,759	0,736	24,5	"	"	261,8	250,8	"	"
Scories Martin	0,75	20,30	9,73	30,03	13,41	0,216	0,073	0,289	0,266	35,5	"	"	59,3	48,3	"	"
	1,50	57,60	40,34	97,94	81,32	0,416	0,183	0,599	0,576	38,4	"	"	111,1	100,1	"	"
	3,00	108,90	63,03	171,93	155,31	0,395	0,304	0,699	0,676	22,5	"	"	307,8	296,8	"	"
Scories Rhénanes I	0,75	21,60	12,86	34,46	17,84	0,151	0,063	0,214	0,191	25,5	100,0	100,0	56,7	45,7	100	
	1,50	32,85	24,12	56,97	40,35	0,201	0,116	0,317	0,294	19,6	100,0	100,0	105,9	94,9	100	100
	3,00	69,15	41,33	110,48	93,86	0,397	0,219	0,616	0,593	15,4	100,0	100,0	291,9	280,9	100	
Scories Rhénanes II	0,75	16,50	7,64	24,14	7,53	0,107	0,058	0,165	0,142	19,0	42,3	88,5	35,2	24,2	53	
	1,50	30,40	18,68	49,08	32,46	0,189	0,081	0,270	0,246	16,4	80,4	88,5	71,7	60,7	64	88,5
	3,00	45,45	27,29	72,74	56,12	0,295	0,165	0,460	0,437	14,6	60,0	88,5	50,5	139,5	50	
Scories de Peine	0,75	15,70	5,72	21,42	4,80	0,113	0,041	0,154	0,131	17,5	27,5	72,6	32,8	21,8	48	
	1,50	21,15	12,26	33,41	16,79	0,189	0,074	0,263	0,240	16,0	41,6	72,6	56,7	45,7	48	72,6
	3,00	50,80	31,46	82,26	65,64	0,297	0,169	0,466	0,443	14,8	70,0	72,6	136,5	125,5	45	
Scories de Tœplitz	0,75	12,15	5,00	17,15	0,53	0,090	0,043	0,133	0,110	14,7	3,0	59,9	29,6	18,6	41	
	1,50	15,20	6,39	21,59	4,97	0,134	0,046	0,180	0,157	10,5	12,3	59,9	56,0	45,0	47	59,9
	3,00	23,20	8,91	32,11	15,49	0,182	0,066	0,248	0,225	7,5	16,5	59,9	"	"	"	

1. Superphosphate.

scories de faible solubilité dans le citrate acide, mais en moindre proportion que celui des scories très solubles.

2° Les nombres qui expriment les quantités d'acide phosphorique fixées par les récoltes indiquent que les scories les plus riches en acide phosphorique soluble au citrate cèdent ce dernier aux plantes presque proportionnellement à sa solubilité.

Dans une nouvelle série d'expériences (1895), qui a porté sur seize autres échantillons de scories appliqués à deux récoltes successives (orge et moutarde), Mærcker a rencontré une vérification de ses premiers essais. Je me bornerai à indiquer dans le tableau ci-dessous les relations entre la solubilité des scories au citrate et les poids de récoltes obtenus :

	RÉCOLTES.	SOLUBILITÉ dans le citrate.
	—	—
1.	100.0	100.00
2.	87.9	92.99
3.	90.2	88.08
4.	76.7	85.78
5.	71.9	81.37
6.	67.9	71.95
7.	74.1	71.31
8.	65.0	60.62
9.	60.2	57.72
10.	67.0	54.92
11.	57.6	46.50
12.	51.9	44.90
13.	53.9	44.89
14.	38.5	37.08
15.	47.4	29.06
16.	18.1	22.75

Ces chiffres, en accord, dans leur généralité, avec ceux que P. Wagner a obtenus dans ses expériences, conduisent Mærcker à la conclusion que désormais il faut tenir compte, dans la vente des scories, du degré de leur solubilité dans le citrate acide, élément principal de leur action.

A mon avis, conforme d'ailleurs à celui de P. Wagner lui-même comme on l'a vu, cette conclusion est prématurée ; il nous manque encore un élément essentiel pour faire, de la quantité de phosphate

soluble contenue dans une scorie, le criterium de sa valeur fertilisante. Je veux parler d'expériences culturales, faites sur une certaine échelle, suffisamment prolongées et dans lesquelles on comparerait les rendements obtenus dans un même sol, ayant reçu des quantités *égales* d'acide phosphorique fournies par des scories de richesse très différente en phosphate soluble dans le citrate acide. Si les résultats de ces essais de culture venaient confirmer les expériences physiologiques des Stations de Darmstadt et de Halle, alors, *mais seulement alors,* on aurait à rechercher le moyen de faire entrer le dosage du phosphate soluble dans la fixation du prix des scories. Jusque-là, je crois, avec P. Wagner, utile de recommander aux chimistes d'examiner les scories à ce point de vue, de demander, si on le veut, aux vendeurs une indication sur la quantité d'acide phosphorique soluble au citrate, mais de s'en tenir au dosage de l'acide phosphorique total et de la finesse de la mouture, pour les garanties à exiger des vendeurs. On verra plus loin que telle est aussi l'opinion des directeurs des laboratoires agricoles de Belgique.

3° *Expériences culturales du Parc des Princes.*

Je suis conduit à formuler cette opinion par les résultats de quatre années d'observations recueillies au champ d'expériences du Parc des Princes. Ces expériences démontrent, en effet, que le degré de solubilité, dans le citrate acide, de l'acide phosphorique des scories, du superphosphate, du phosphate précipité et des phosphates minéraux d'origines diverses, ne présente *aucun rapport,* contrairement à l'avis émis par P. Wagner, avec la fertilité communiquée au sol par ces différentes matières phosphatées.

La question étant d'une grande importance pour la pratique des engrais, j'ai cru devoir, avant de parler des expériences du Parc des Princes, mettre sous les yeux de mes lecteurs un résumé assez détaillé des recherches de P. Wagner et de Mærcker : on pourra ainsi, en comparant les résultats, juger de la nécessité d'expériences directes dans les conditions ordinaires de la culture, pour se prononcer sur la valeur du réactif citrique employé comme criterium du degré d'assimilabilité du phosphate des scories, non plus dans des pots,

mais en rase campagne. Une dernière remarque, avant d'entrer dans l'exposé de mes essais culturaux : la solution Wagner (citrate d'ammoniaque renfermant 1 et demi p. 100 d'acide citrique libre) doit son action dissolvante du phosphate des scories à l'acide citrique libre qu'elle contient : de nombreux essais faits, tant dans divers laboratoires qu'à la Station de l'Est, ont mis le fait hors de doute : on peut donc à volonté substituer une solution d'acide citrique à 1, 3, 5 p. 100 de ce corps au citrate d'ammoniaque contenant les mêmes quantités d'acide citrique libre. Toutes les déterminations relatives à la solubilité des phosphates dont il va être question, ont été faites avec une solution à 1.5 p. 100 d'acide citrique ajouté au citrate d'ammoniaque. (Réactif Wagner.)

En 1891, chaque parcelle (de 150 mètres carrés) du champ du Parc des Princes a reçu, sous les différentes formes que je vais rappeler, 4^{kg},500 d'acide phosphorique réel (PhO^5), quantité correspondante à 300 kilogr. à l'hectare. Depuis cette époque, aucune addition de phosphate au sol n'a eu lieu. Les récoltes se sont succédé, on le sait, dans l'ordre suivant, sur chacune des parcelles :

1892.	Pommes de terre.
1893.	
1894.	Blé d'Alsace.
1895.	Avoine de Pologne.

Chaque parcelle a reçu, au début, 3 kilogr. de potasse sous forme de kaïnite, soit 200 kilogr. de potasse à l'hectare et des doses d'acide nitrique variables d'une récolte à l'autre, mais toujours égales pour chaque parcelle (15 à 45 kilogr. d'azote nitrique à l'hectare). Les semences employées ont été les mêmes pour chaque parcelle ; toutes les conditions ont donc été identiques d'une parcelle à l'autre, sauf une, la nature des phosphates employés.

Le tableau suivant fait connaître :

1° L'origine des phosphates ;

2° Leur teneur en acide phosphorique total ;

3° Leur teneur en acide phosphorique soluble dans le citrate acide ;

4° Le rapport du taux d'acide soluble à celui du total.

NATURE des phosphates.	ACIDE phosphorique total.	PHOSPHATE soluble citrique.	RAPPORT du soluble.
—	—	—	—
	p. 100	p. 100	p. 100 de total.
Floride.	36.8	0.89	2.44
Phosphate précipité. . .	38.5	35.58	92.03
Somme 75/80.	34.3	0.64	1.87
Portugal (apatite) . . .	26.4	0.00	1.00
Indre	22.8	1.15	5.04
Scories Est.	21.0	16.13	76.80
Cambrésis	18.9	1.02	5.39
Boulonnais	18.9	2.30	12.16
Ardennes.	18.2	2.43	13.86
Superphosphate	14.6	14.60	100.00

La première remarque à laquelle donnent lieu ces résultats analytiques, c'est que la solubilité citrique des différents phosphates employés varie de 0 à 100 du poids de leur acide phosphorique total. La seconde observation, c'est que la solubilité citrique dans les phosphates minéraux varie de 0 (apatite du Portugal) à 13.86 (Ardennes) p. 100, en passant par les nombres intermédiaires. Le superphosphate, le phosphate précipité et les scories sont les trois seules matières phosphatées employées dans lesquelles existe une forte proportion de soluble, 77 à 100 du poids du phosphate total. Si la teneur en acide phosphorique soluble devait être considérée comme le criterium de la valeur fertilisante relative des différents phosphates, on devrait conclure, *à priori*, des chiffres indiqués ci-dessus :

1° Que le superphosphate, le phosphate précipité et les scories donneront seuls des récoltes abondantes ;

2° Que le phosphate des Ardennes et celui du Boulonnais se montreront de beaucoup supérieurs aux phosphates de la Somme et de la Floride ;

3° Que l'apatite de Portugal, de solubilité nulle, ne produira pas de récolte.

Les faits viennent donner à ces conclusions hypothétiques un démenti absolu.

Le tableau suivant résume le nombre de quintaux de pommes de terre, de blé et d'avoine, avec leur paille, récoltés dans les diverses parcelles de 1892 à 1895. Pour simplifier le tableau des rendements, j'ai réuni en un seul chiffre le poids des pommes de terre récoltées à

l'hectare dans les deux campagnes de 1892 et 1893 : j'ai fait, de même, la somme des quintaux de grain et de paille de blé et d'avoine, récoltés en 1894 et en 1895, à l'hectare. Enfin, j'ai additionné le nombre de quintaux récoltés, tant en pommes de terre qu'en céréales et paille, dans les quatre années d'expériences : les chiffres inscrits sous la rubrique « Récoltes » représentent donc le poids de substances végétales récolté, par hectare, de 1892 à 1895, dans chacune des parcelles du champ d'expériences. La 2e colonne du tableau indique la production de chaque parcelle en matière végétale, rapportée à la récolte maximum (Cambrésis) prise pour unité et égalée à 100 ; dans la 3e colonne, je rappelle le taux d'acide soluble au citrate acide pour 100 d'acide phosphorique total des phosphates correspondants :

NATURE des phosphates.	RÉCOLTE des 4 années en quint. métr.	RAPPORTS des rendements des parcelles.	SOLUBILITÉ de PhO^5 pour 100 d'acide phosphorique total.
Cambrésis	743.4	100.00	5.39
Somme.	727.0	97.78	1.87
Floride.	710.4	95.54	2.44
Scories.	654.1	87.97	76.80
Ardennes.	640.8	86.19	13.36
Boulonnais	627.2	84.36	12.17
Indre	623.8	83.90	5.04
Phosphate précipité. .	561.5	75.66	92.03
Portugal	627.6	83.07	0.00
Superphosphate . . .	590.1	79.50	100.00
Parcelles témoins. . .	329.4	44.30	

Il n'est pas inutile de rappeler que les rendements de chaque parcelle fumée du champ d'expériences ont été très satisfaisants, tant pour la récolte des pommes de terre que pour les céréales : en effet, les rendements ont varié, à l'hectare, pour les pommes de terre, de 145 à 292 quintaux métriques ; pour le blé (grain) de 28 à 43 quintaux métriques ; pour l'avoine, de 20 à 30 quintaux métriques ; pour la paille (blé), de 60 à 104 quintaux métriques ; pour l'avoine (paille), de 38 à 72 quintaux métriques.

D'après les chiffres du tableau précédent, on constate l'absence totale de relation entre la solubilité citrique des phosphates et les

rendements qu'ils ont produits. C'est ainsi que les deux extrêmes, l'apatite du Portugal, dont la solubilité est 0, et le superphosphate dont la solubilité est 100, ont produit des récoltes presque égales, l'avantage restant, dans l'ensemble, à l'apatite sur le superphosphate.

En résumé, la solubilité des phosphates dans le réactif Wagner (citrate ammoniacal acide) ne paraît être, en aucune façon, un criterium de la valeur fertilisante des phosphates. Avant de le faire entrer en ligne de compte dans l'appréciation de la valeur agricole des scories, il faudrait pouvoir s'appuyer sur des expériences culturales méthodiquement conduites, venant confirmer les expériences physiologiques.

Les directeurs des laboratoires de l'État à Gembloux, Gand, Liège, Hasselt, Anvers, Mons et Louvain ont tenu dernièrement leur congrès annuel, sous la présidence de M. Petermann, délégué par le ministre de l'agriculture.

Parmi les décisions prises, je signalerai la suivante, qui est tout à fait conforme à l'opinion que je viens d'exprimer.

Le citrate d'ammoniaque acide dans l'analyse des scories de déphosphoration.

« Le dosage de l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque acide, dont les journaux agricoles ont déjà parlé, sera exécuté d'après la méthode de Wagner, *chaque fois que l'expéditeur d'un échantillon le demandera.*

« Mais l'assemblée a été unanime à déclarer comme PRÉMATURÉ de baser dès maintenant la vente des scories sur leur titre en acide phosphorique soluble dans le citrate acide.

« On fera, par conséquent, sur le bulletin d'analyse même, *des réserves quant à l'exactitude du dosage demandé et sur son utilité.* »

CONCLUSION

Mes lecteurs ont maintenant sous les yeux tous les éléments nécessaires pour se prononcer sur la valeur du citrate acide d'ammoniaque au point de vue de l'évaluation de l'action fertilisante des scories.

La question présente un intérêt réel, elle devra provoquer des expériences *culturales* qui, seules, prononceront sur le rôle à faire jouer au réactif Wagner dans la fixation du prix des scories. Mais, je suis d'avis que, jusqu'au jour où des expériences culturales suivies avec méthode auront établi une relation nette entre les rendements obtenus et la nature des scories, il n'y a pas lieu de modifier les conditions de vente de cet engrais que j'ai précédemment indiquées.

M. Hoyermann[1], qui a fait des scories et de leurs applications une étude toute particulière et dont l'autorité ne saurait être contestée, partage l'avis que la solubilité dans le citrate acide n'est pas une mesure de l'assimilabilité du phosphate par les végétaux. Il pense que la richesse en chaux caustique des scories influe sensiblement sur leur désagrégation, une forte teneur en silice diminuant, au contraire, la rapidité de leur action sur la végétation.

Mes premiers essais de culture à Tomblaine (1885), faits avec les scories de Mont-Saint-Martin, très calcaires, confirmeraient cette opinion. Suivant toute probabilité, toutes les scories de déphosphoration cèdent aux végétaux leur acide phosphorique, après un séjour plus ou moins prolongé dans le sol. C'est pourquoi la pratique qui consiste à faire à la terre une large avance de scories, 1 000 à 2 000 kilogr. à l'hectare, me paraît devoir être recommandée. Une semblable quantité fournira toujours assez d'acide phosphorique à la première et à la deuxième récolte qui suivront son application,

1. V. D. Levat, *Industrie des phosphates et superphosphates*, page 191. Dunot et Vicq, 1895.



et les récoltes ultérieures bénéficieront à leur tour de la désagrégation progressive des portions moins ténues ou moins solubles dans le citrate.

Falsification des scories.

Le cultivateur qui s'adresse directement aux aciéries ou à leurs représentants attitrés, pour l'achat des scories dont il a besoin, est certain de recevoir un produit pur. Il n'a donc qu'à réclamer des vendeurs la garantie relative à la teneur en acide phosphorique total, à la finesse des moutures et, s'il le juge utile, l'indication du taux d'acide phosphorique soluble dans le citrate acide, à titre de renseignement. On n'est pas toujours aussi certain de la pureté des scories achetées chez tous les intermédiaires. Cette précieuse substance fertilisante a donné lieu à d'assez fréquentes falsifications contre lesquelles il est bon d'être prévenu. Les principales sont les suivantes :

1° Mélange de phosphate minéral aux scories ;

2° Addition de phosphate de Redonda (phosphate d'alumine) ;

3° Coloration en noir, par du charbon impalpable, de phosphate minéral. Ce produit est vendu sous le nom de scories, soit seul, soit en mélange avec des quantités variables de scories ;

4° Phosphate précipité ajouté aux scories.

La solution d'acide citrique à 5 p. 100 permet de distinguer aisément le phosphate de Redonda, qui y est peu soluble, tandis que les scories s'y dissolvent presque intégralement.

Le réactif Wagner (citrate acide à 1.5 p. 100) fournit, sur l'addition de phosphate minéral aux scories, des indications utiles ; les premiers s'y dissolvent, comme nous l'avons vu, en très faible quantité, tandis que les scories y sont solubles dans une très forte proportion.

Consultés par les cultivateurs, les directeurs des stations agronomiques et des laboratoires donneront aux acheteurs tous les renseignements nécessaires sur la composition et la pureté des scories qui font l'objet d'un marché.

L'essentiel pour les acheteurs est d'exiger des vendeurs les ga-

SCORIES DE DÉPHOSPHORATION (Composition centésimale des produits de fabrication courante au mois de février 1895).

DÉSIGNATION DES PRODUITS.	NUMÉROS D'ORDRE.	SILICE.	ACIDE PHOSPHORIQUE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	ALUMINE.	FER EXPRIMÉ en sesquioxyde	PROTOXYDE de MANGANÈSE.	TAUX P. 100 de FINESSE au tamis nº 100.
Scories des aciéries de Jœuf (Meurthe-et-Moselle)	1	7.56	15.23	48.88	3.92	0.73	14.64	4.55	85.90
	2	7.36	14.72	55.04	4.32	1.40	13.72	4.18	84.20
	3	7.96	14.27	53.92	3.96	0.07	14.94	4.37	85.10
	4	7.92	14.52	54.60	4.60	0.35	13.72	3.90	87.80
	5	8.22	13.88	51.80	5.22	0.84	15.86	4.46	83.80
Scories des usines du Closmortier, de Saint-Dizier, des Éturbées, de la Loubert et de Güe (Haute-Marne).	6	13.52	8.56	37.12	18 »	2.79	20.43	7.44	73.70
	7	12.90	8.57	34.32	20.62	3.68	18.91	7.34	70.30
Scories des forges et aciéries du Nord et de l'Est à Valenciennes (Nord).	8	12.66	17.60	47.32	3.60	1.84	14.94	3.73	84.65
	9	12.60	17.92	47.20	3.16	2.67	14.03	3 62	86 »
Scories de la Westdeutsche Thomasphosphatewerck à Cologne . . . . Dudelange.	10	6.40	12.80	57.56	4.53	0.43	15.23	5.39	95.25
Thionville .	11	7.10	13.95	54.88	4.24	1.18	13.42	4.74	92.80
Malstatt. .	12	8.50	17.72	47.09	4.57	0.38	19.20	4.39	92.20
Scories des forges d'Hennebont et de Lochrist (Morbihan) . .	13	14.78	10.43	37.01	9.03	4.23	19.82	9.85	98.35
	14	14.40	11.84	36 »	8.28	3.29	19.52	9.95	94.30
Scories des aciéries de Longwy à Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle)	15	8.74	15.10	49.56	4.78	4.35	12.20	4.74	74.90

ranties que j'ai rappelées, et, s'ils ont des doutes sur la nature et la qualité des produits qui leur sont vendus, d'en demander l'analyse à un laboratoire avant de prendre livraison.

La meilleure garantie pour les acheteurs est l'honorabilité des vendeurs auxquels ils s'adressent, mais le contrôle de marchés importants par l'analyse contradictoire ne doit pas être négligé.

Je reproduis, ci-devant, un tableau que j'emprunte à un travail de M. Aubin. Il renferme l'analyse complète d'un certain nombre de scories employées en 1895 par la culture française. Mes lecteurs trouveront dans ce tableau des indications intéressantes sur la composition moyenne des produits livrés par les plus importantes usines de la France et du bassin de la Moselle.

APPENDICE

Une nouvelle publication de P. Wagner.

Dans la 3[e] édition des *Düngungsfragen* (Questions de fumure), M. P. Wagner a cru devoir engager les acheteurs de scories à faire intervenir dans leurs marchés la solubilité des scories dans le citrate acide. Le savant directeur de la Station de Darmstadt, tout en maintenant dans cette nouvelle publication l'opinion (voir plus haut, p. 41) que la solubilité des scories dans le citrate acide ne donne qu'une mesure approchée de leur valeur fertilisante, propose de prendre à l'avenir le dosage de l'acide phosphorique soluble dans ce réactif pour base des contrats de vente des scories. Afin de compléter les indications données précédemment sur cette intéressante question, je crois nécessaire de présenter à mes lecteurs un résumé précis des chapitres dans lesquels P. Wagner expose la conclusion nouvelle à laquelle il s'arrête et les motifs sur lesquels il s'appuie pour la justifier.

« Il n'est pas correct, dit-il, de payer l'acide phosphorique le même prix dans toutes les scories. D'après leur origine, les scories ont une valeur différente ; il ne faut pas baser la vente de ce produit

sur sa teneur en acide phosphorique et sur le degré de finesse de la mouture, mais bien sur son degré de solubilité dans le citrate acide, caractère décisif de sa valeur comme engrais. Il reste à examiner les moyens à employer dans la pratique du commerce des scories pour arriver à cette fin.

« ... Les scories doivent être vendues d'après leur teneur totale en acide phosphorique et cet acide phosphorique doit être payé suivant son degré de solubilité ; ou bien encore, ce qui serait plus simple, le phosphate Thomas doit être vendu comme le superphosphate, c'est-à-dire d'après sa teneur, fixée par l'analyse, en acide soluble, l'acide phosphorique insoluble dans le citrate n'entrant pas en ligne de compte dans les marchés. »

Dans la première édition de cet écrit, M. Wagner n'avait pas cru pouvoir émettre un avis aussi catégorique à ce sujet, mais ses incertitudes touchant les relations entre la solubilité et le pouvoir fertilisant des scories ont disparu depuis les expériences de Mærcker, que j'ai rapportées plus haut (voir p. 42 et suiv.). Dans la réunion annuelle (1895) des agriculteurs allemands, les directeurs des stations et les représentants du commerce des scories se seraient rangés à cet avis et auraient décidé de substituer la vente sur titre au degré soluble à la vente sur la richesse en acide phosphorique total et d'après la finesse de mouture des produits. La solubilité dans le citrate étant, toutes choses égales d'ailleurs, en relation étroite avec la finesse des scories, les usines à scories seraient intéressées à obtenir la mouture la plus fine et l'on ne rencontrerait plus à l'avenir, dans le commerce, de poudres grossières.

Le principe étant adopté par lui, M. Wagner indique comment l'industrie peut arriver à livrer des scories de haut titre en acide phosphorique soluble au citrate. D'après des expériences récentes de M. Hoyermann, l'addition de sable siliceux aux scories en fusion peut faire passer le taux d'acide soluble d'une scorie de 58 p. 100 à 84 p. 100. En introduisant du sable chaud dans le laitier en fusion sortant du convertisseur, on serait arrivé à augmenter de 10, 20 et même 30 p. 100 la solubilité du produit.

Pour appuyer cette assertion, touchant la relation entre les quantités de silice contenues dans une scorie et sa solubilité dans le

citrate, P. Wagner donne les résultats d'analyses qu'il a faites en vue d'élucider la question :

	TAUX D'ACIDE, solubilité[1] dans le citrate.	TAUX de silice[1].
	—	—
Scorie 1	100	100
— 2	89	109
— 3	90	96
— 4	94	96
— 5	48	48
— 6	59	55
— 7	52	45
— 8	55	52
— 9	47	44

La comparaison des chiffres des deux colonnes montre qu'il existe une assez grande concordance entre la teneur des scories en silice et leur dosage en acide phosphorique soluble dans le citrate acide.

P. Wagner s'appuie ensuite sur les expériences récentes de Mærcker pour montrer l'augmentation de la valeur fertilisante des scories par l'addition de silice. Les essais en pots accusent un accroissement de récolte de 27 p. 100 en faveur de la scorie rendue siliceuse, sur la même scorie sans addition de silice.

J'ai tenu à faire connaître à mes lecteurs les dernières observations de P. Wagner sur cette importante question de la vente des scories, mais je dois ajouter que, pour le moment, mon opinion n'est pas modifiée par les faits intéressants que je viens de rapporter. Tant que des expériences culturales faites, non en pot, mais sur des surfaces un peu étendues et continuées plusieurs années de suite dans le même sol n'auront pas établi, par la comparaison des rendements, la valeur fertilisante relative des scories à teneurs *égales* en acide phosphorique total et *différentes* en acide soluble au citrate, j'estime qu'on ne saurait se prononcer sur la nécessité de substituer le dosage au citrate aux garanties précédemment indiquées : richesse des scories en acide phosphorique total et degré de finesse.

1. La première colonne indique les taux d'acide phosphorique solubles dans le citrate, la solubilité du n° 1 étant égalée à 100. La deuxième colonne indique les teneurs en silice des 9 échantillons de scories, celle du n° 1 étant égalée à 100.

D'autre part, il faudrait, en tout cas, attendre pour rendre obligatoire le dosage en acide soluble au citrate, comme base des marchés des scories, que l'industrie appliquât, dans toutes les usines, l'enrichissement en phosphate soluble par addition de silice aux laitiers en fusion ce qui ne paraît pas probable et me semble inusité. Présentement, au moins en ce qui concerne la France, l'adoption du dosage au citrate, comme seule condition de fixation de la valeur d'une scorie, n'est pas praticable et serait, en tout cas, inéquitable, puisque, dans certains cas, l'acheteur ne payerait que 70, 60 ou moins p. 100 de l'acide phosphorique qui lui serait livré.

Indépendamment de toute appréciation sur la valeur fertilisante de l'acide phosphorique soluble au citrate, il serait évidemment plus simple de baser les marchés des scories sur cette méthode, le jour où l'industrie métallurgique ne livrerait plus au commerce que des produits titrant 90 ou 95 d'acide soluble. En attendant qu'il en soit ainsi, je n'ai rien à modifier aux conclusions que j'ai formulées avant d'avoir connaissance de la dernière publication de P. Wagner.

Pour contrôler l'expérience de Hoyermann, nous avons traité par le sable, au laboratoire de la Station de l'Est, une scorie de Tœplitz dosant 22.78 p. 100 d'acide phosphorique total et 13.29 d'acide soluble dans le réactif Wagner (soit 54 p. 100 de l'acide total). Après fusion avec le cinquième de son poids de silice pure, cette scorie renfermait 19.1 p. 100 d'acide phosphorique total, dont 17.66, soit 92.4 p. 100 de soluble au citrate acide.

La fusion avec la silice a donc augmenté de 38.4 p. 100 la teneur de la scorie en acide phosphorique soluble au réactif Wagner.

Mes lecteurs ont sous les yeux l'état à jour de la question ; ils pourront se faire une opinion dont j'ai tenu à leur présenter tous les éléments de discussion.

Pour l'instant, je maintiens absolument mon opinion sur les conditions de vente des scories, à savoir : marchés basés sur le titre réel en acide phosphorique total et garantie d'une finesse de mouture de 75 à 80 p. 100.



DIX ANNÉES

D'EXPÉRIENCES AGRICOLES

A CLOCHES

PAR

C.-V. GAROLA

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE CHARTRES
PROFESSEUR DÉPARTEMENTAL D'AGRICULTURE

INTRODUCTION

Le champ d'expériences de Cloches a été organisé au printemps de 1886 sur une pièce de terre de notre excellent ami, M. Oscar Benoist, à l'initiative duquel nous devons sa création.

Qu'il nous soit permis, en commençant ce compte rendu de dix années de recherches communes, de rendre un public hommage au dévouement désintéressé et à la persévérance peu commune de notre précieux collaborateur; de rappeler qu'en 1889, à l'Exposition universelle, il a été honoré pour son organisation d'une médaille d'argent et que la Société nationale d'agriculture, d'autre part, en 1892, lui a décerné également une médaille d'argent.

Le sol du champ d'expériences appartient, au point de vue géologique, au limon des plateaux. Cette formation recouvre une petite épaisseur d'argile à silex qui la sépare de la craie.

La constitution physique de ce limon est la suivante :

Pour 100 de terre sèche normale :

Graviers siliceux	1.8
Terre fine	98.2
Total	100.0

Pour 100 de terre fine sèche :

		Diamètres extrêmes.			
		Millimètres.	Millimètres.		
Sable	Grossier	< 1	> 1/2	0.56	11.46
	Moyen	< 1/2	> 1/4	2.08	
	Fin	< 1/4	> 1/10	6.56	
	Très fin	< 1/10	> 1/20	2.26	
Limon	Calcaire	< 0,050	»	0.20	67.45
	Siliceux	< 0,050	> 0,025	61.15	
	Siliceux fin	< 0,025	> 0,005	6.10	
Argile		< 0,005	»	20.80	
	Total			99.71	

Ce sol a la constitution physique d'une bonne terre à blé, silico-argileuse, avec des traces de calcaire. Perméable à l'eau et aux gaz, il est doué d'un pouvoir absorbant moyen, et constitue ce que les praticiens appellent une terre franche.

Le plan schématique ci-après reproduit la disposition adoptée pour les expériences. Dans le sens de la longueur le champ a été divisé en quatre bandes ou soles A, B, C, D, destinées à porter chaque année des récoltes différentes. — Transversalement, d'autre part, la pièce de terre a été divisée en neuf parcelles numérotées de I à IX, pour l'essai des différentes fumures. Les soles sont séparées les unes des autres par des sentiers de 1 mètre et les parcelles par des sentiers de $0^{m},60$ qui ont été dès le début semés de trèfle rampant. Les parcelles transversales sont formées par la réunion de 4 carrés de 1 are de superficie.

Résultats culturaux.

Nous donnons dans les tableaux suivants les rendements obtenus dans chacun des 36 carrés de notre champ, de 1886 à 1895 inclusivement.

Chemin

SOLE A. SOLE B. SOLE C. SOLE D.

1 m.

10 m.

10 m.

0m,80

Parcelles nº I.	Demi-fumure et engrais chimique.					
Parcelles nº II.	Grosse fumure.					
Parcelles nº III.	Engrais complet au phosphate naturel.					
Parcelles nº IV.	Engrais complet au superphosphate.					
Parcelles nº V.	Sans engrais.					
Parcelles nº VI.	Engrais sans potasse.					
Parcelles nº VII.	Engrais complet au superphosphate.					
Parcelles nº VIII.	Engrais sans acide phosphorique.					
Parcelles nº IX.	Engrais sans azote.					

Croquis du champ d'expériences de Cloches.

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1886.

NUMÉROS.	NATURE des engrais.	Sole A. BETTERAVES FOURRAGÈRES. Engrais.	Sole A. Rendements.	Sole B. ORGE CHEVALIER. Engrais.	Sole B. Rendements.	Sole C. ORGE DE SAUMUR. Engrais.	Sole C. Rendements.	Sole D. AVOINE DE HOUDAN. Engrais.	Sole D. Rendements.
			k.		k.		k.		k.
I	Fumure mixte.	Demi-fumure de fumier, évaluée à 140 fr.	Feuilles. 6 600 Racines. 45 200	Même fumure que pour A.	Paille. . 5 050 Grain. . 3 350	Même fumure que pour A.	Paille. . 4 600 Grain. . 3 400	Même fumure que pour A.	Paille. . . 4 950 Grain. . . 2 750
II	Fumier seul.	Forte fumure de fumier, évaluée à 280 fr.	Feuilles. 6 500 Racines. 44 700	Id.	Paille. . 5 000 Grain. . 3 300	Id.	Paille. . 4 700 Grain. . 3 650	Id.	Paille. . . 4 650 Grain. . . 2 700
III	Engrais complet au phosphate.	Ac. phosp. 90k Azote nitr. 30 Potasse. . 60 Plâtre . . 300	Feuilles. 7 200 Racines. 47 100	Id.	Paille. . 5 350 Grain. . 3 350	Id.	Paille. . 5 300 Grain. . 3 900	Id.	Paille. . . 5 200 Grain. . . 3 200
IV	Engrais complet au superphosphate.	Ac. phosp. 90 Azote nitr. 30 Potasse. . 60 Plâtre . . 300	Feuilles. 5 400 Racines. 51 000	Id.	Paille. . 5 700 Grain. . 3 400	Id.	Paille. . 5 100 Grain. . 4 000	Id.	Paille. . . 5 700 Grain. . . 3 600
V	Sans engrais.	Néant.	Feuilles. 5 400 Racines. 40 200	Id.	Paille. . 4 050 Grain. . 3 100	Id.	Paille. . 4 300 Grain. . 3 200	Id.	Paille. . . 4 300 Grain. . . 2 700
VI	Engrais sans potasse.	Comme IV, moins la potasse.	Feuilles. 6 500 Racines. 48 000	Id.	Paille. . 5 600 Grain. . 3 350	Id.	Paille. . 5 250 Grain. . 3 950	Id.	Paille. . . 5 350 Grain. . . 3 350
VII	Engrais complet sans addition de plâtre.	Comme IV, moins le plâtre.	Feuilles. 6 000 Racines. 53 000	Id.	Paille. . 5 850 Grain. . 3 450	Id.	Paille. . 5 200 Grain. . 3 900	Id.	Paille. . . 5 750 Grain. . . 3 500
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Feuilles. 6 000 Racines. 50 000	Id.	Paille. . 5 300 Grain. . 3 200	Id.	Paille. . 5 300 Grain. . 3 750	Id.	Paille. . . 5 350 Grain. . . 3 150
IX	Engrais sans azote.	Comme IV, moins l'azote.	Feuilles. 5 900 Racines. 48 900	Id.	Paille. . 5 000 Grain. . 2 800	Id.	Paille. . 4 700 Grain. . 3 150	Id.	Paille. . . 4 630 Grain. . . 2 950

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1887.

NUMÉROS.	NATURE des engrais.	Sole A. BLÉ DATTEL APRÈS BETTERAVES. Engrais.	Sole A. Rendements.	Sole B. AVOINE DE HOUDAN SUR ORGE. Engrais.	Sole B. Rendements.	Sole C. BETTERAVES DES BARRES. Engrais.	Sole C. Rendements.	Sole D. LUZERNE (1re ANNÉE). Engrais.	Sole D. Rendements.
			k.		k.		k.		k.
I	Fumure mixte.	Rien en 1887.	Paille. . 4 000 Grain. . 2 400	Rien en 1887.	Paille. . 3 000 Grain. . 2 450	Demi-fumure de fumier de ferme, évaluée à 140 fr.	Feuilles. 8 800 Racines. 38 285	Rien en 1887.	1re coupe . 4 500 2e — . 1 500 Total . . 6 000
II	Fumier seul.	Id.	Paille. . 3 550 Grain. . 2 300	Id.	Paille. . 2 650 Grain. . 2 400	Forte fumure de fumier, évaluée à 280 fr.	Feuilles. 8 000 Racines. 36 540	Id.	1re coupe . 4 800 2e — . 1 550 Total . . 6 350
III	Engrais complet au phosphate.	Ac. phosp. 60k Az. amm. 30 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Paille. . 4 100 Grain. . 2 400	Ac. phosp. 60k Azote nitr. 28 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Paille. . 2 650 Grain. . 2 300	Ac. phosp. 100k Azote nitr. 56 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Feuilles. 10 100 Racines. 30 520	Id.	1re coupe . 4 900 2e — . 1 450 Total . . 6 350
IV	Engrais complet au superphosphate.	Ac. phosp. 42 Az. amm. 30 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Paille. . 4 350 Grain. . 2 450	Ac. phosp. 42 Azote nitr. 28 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Paille. . 3 850 Grain. . 2 750	Ac. phosp. 70 Azote nitr. 56 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Feuilles. 9 650 Racines. 40 213	Id.	1re coupe . 5 300 2e — . 1 600 Total . . 6 900
V	Sans engrais.	Par erreur en 1887 : Ac. phosp. 42 Az. amm. 30 Potasse. . 75	Paille. . 4 450 Grain. . 2 350	Néant.	Paille. . 2 550 Grain. . 2 200	Néant.	Feuilles. 6 550 Racines. 22 120	Néant.	1re coupe . 4 100 2e — . 1 150 Total . . 5 250
VI	Engrais sans potasse.	Comme IV, moins la potasse.	Paille. . 4 250 Grain. . 2 450	Comme IV, moins la potasse.	Paille. . 3 750 Grain. . 2 650	Comme IV, moins la potasse.	Feuilles. 8 350 Racines. 35 477	Rien en 1887.	1re coupe . 5 150 2e — . 1 300 Total . . 6 450
VII	Engrais complet sans addition de plâtre.	Comme IV, moins le plâtre.	Paille. . 4 800 Grain. . 2 500	Comme IV, moins le plâtre.	Paille. . 3 800 Grain. . 2 750	Comme IV, moins le plâtre.	Feuilles. 9 100 Racines. 38 135	Id.	1re coupe . 5 550 2e — . 1 300 Total . . 6 900
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille. . 4 700 Grain. . 2 600	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille. . 3 200 Grain. . 2 100	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Feuilles. 9 050 Racines. 28 673	Id.	1re coupe . 4 100 2e — . 1 300 Total . . 5 400
IX	Engrais sans azote.	Comme IV, moins l'azote.	Paille. . 3 600 Grain. . 2 150	Comme IV, moins l'azote.	Paille. . 2 700 Grain. . 2 050	Comme IV, moins l'azote.	Feuilles. 6 700 Racines. 31 320	Id.	1re coupe . 5 850 2e — . 1 450 Total . . 7 300

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1888.

NUMÉROS.	NATURE des engrais.	Sole A. AVOINE ET SEMIS DE MINETTE. Engrais.	Sole A. Rendements.	Sole B. BETTERAVES A GRAINES. Engrais.	Sole B. Rendements.	Sole C. BLÉ SUR BETTERAVES. Engrais.	Sole C. Rendements.	Sole D. LUZERNE. Engrais.	Sole D. Rendements.
			k.				k.		k.
I	Fumure mixte.	Ac. phosp. 22k Azote nitr. 15	Paille . . 4 350 Grain. . 2 500	Fumier . 10 000k Ac. phosp. 30 Azote nitr. 22 5	Graine . 2 395k paille abondante, de bonne couleur.	Ac. phosp. 15k Az. amm. 25 Plâtre . . 300	Paille . . 5 350 Grain. . 2 200	Rien en 1888.	1re coupe . 2 800 2e — . 2 200 Total . . 5 000
II	Fumier seul.	Rien en 1888.	Paille . . 4 050 Grain. . 2 050	Fumier. 25 000k	Graine . 2 115k paille assez bonne, très belle couleur.	Rien en 1888.	Paille. . 4 500 Grain. . 1 850	Id.	1re coupe . 3 350 2e — . 2 550 Total . . 5 900
III	Engrais complet au phosphate.	Ac. phosp. 60 Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 300	Paille . . 4 300 Grain . . 2 450	Ac. phosp. 80 Azote nitr. 45 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Graine . 2 305k paille plus basse, verte et trapue.	Ac. phosp. 40 Az. de sang. 44 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Paille . . 4 050 Grain. . 1 350	Id.	1re coupe . 2 600 2e — . 2 050 Total . . 4 650
IV	Engrais complet au superphosphate.	Ac. phosp. 45 Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 300	Paille . . 4 150 Grain. . 2 450	Ac. phosp. 60 Azote nitr. 45 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Graine . 2 430k paille très abondante, belle couleur.	Ac. phosp. 30 Az. de sang. 44 Potasse. . 75 Plâtre . . 300	Paille . . 4 750 Grain. . 2 000	Id.	1re coupe . 3 150 2e — . 2 600 Total . . 5 750
V	Sans engrais.	Néant (voir 1887).	Paille . . 4 000 Grain . . 1 750	Néant.	Graine . 1 960k paille faible, mais grenue.	Néant.	Paille . . 3 900 Grain. . 1 250	Id.	1re coupe . 2 100 2e — . 1 750 Total . . 3 850
VI	Engrais sans potasse.	Comme IV, moins la potasse.	Paille . . 4 500 Grain. . 2 300	Comme IV, moins la potasse.	Graine . 2 480k paille très abondante, belle couleur.	Comme IV, moins la potasse.	Paille . . 4 950 Grain . . 2 100	Id.	1re coupe . 3 050 2e — . 2 400 Total . . 5 450
VII	Engrais complet sans addition de plâtre.	Comme IV, moins le plâtre.	Paille . . 4 500 Grain. . 2 300	Comme IV, moins le plâtre.	Graine . 2 385k paille très abondante, belle couleur.	Comme IV, moins le plâtre.	Paille . . 4 850 Grain. . 2 100	Id.	1re coupe . 3 000 2e — . 2 600 Total . . 5 600
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille . . 4 300 Grain. . 2 350	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Graine . 2 070k paille assez forte, verte et rampante.	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille . . 4 100 Grain. . 1 550	Id.	1re coupe . 2 600 2e — . 2 250 Total . . 4 850
IX	Engrais sans azote.	Comme IV, moins l'azote.	Paille . . 4 600 Grain. . 1 800	Comme IV, moins l'azote.	Graine . 2 025k paille élevée, peu épaisse et jaunâtre.	Comme IV, moins l'azote.	Paille . . 4 150 Grain. . 1 700	Id.	1re coupe . 2 850 2e — . 2 600 Total . . 5 450

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1889.

Numéros.	Nature des engrais.	Sole A. Minette sur avoine. Engrais.	Sole A. Rendements.	Sole B. Blé d'hiver. Engrais.	Sole B. Rendements.	Sole C. Luzerne et sainfoin. Engrais.	Sole C. Rendements.	Sole D. Avoine de Houdan après luzerne. Engrais.	Sole D. Rendements.
			k.		k.		k.		k.
I	Fumure mixte.	Rien en 1889.	Foin sec. 4 950	Ac. phosp. 45k Azote nitr. 15	Paille . . 6 250 Grain . . 1 850	Rien en 1889.	1re coupe. 5 250 2e — . 2 800 Total. . 8 050	Ac. phosp. 60k	Paille. . . 4 850 Grain. . . 3 000
II	Fumier seul.	Id.	Foin sec. 5 000	Rien en 1889.	Paille . . 5 000 Grain. . 1 700	Id.	1re coupe. 5 700 2e — . 3 000 Total. . 8 700	Rien en 1889.	Paille. . . 4 500 Grain. . . 2 800
III	Engrais complet au phosphate.	Id.	Foin sec. 4 450	Ac. phosp. 120k Potasse. . 50 Azote nitr. 30 Plâtre . . 200	Paille . . 6 350 Grain . . 2 150	Id.	1re coupe. 5 200 2e — . 2 600 Total. . 7 800	Ac. phosp. 120k Azote nitr. 30 Potasse . . 50 Plâtre . . 200	Paille. . . 4 825 Grain. . . 2 375
IV	Engrais complet au superphosphate.	Id.	Foin sec. 5 100	Ac. phosp. 90 Potasse. . 50 Azote nitr. 30 Plâtre. . 200	Paille . . 5 750 Grain. . 1 750	Id.	1re coupe. 5 200 2e — . 2 600 Total. . 7 800	Ac. phosp. 90 Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Paille . . . 6 000 Grain. . . 2 750
V	Sans engrais.	Id.	Foin sec. 4 850	Rien.	Paille . . 4 450 Grain . . 1 750	Id.	1re coupe. 3 800 2e — . 1 950 Total. . 5 750	Rien.	Paille . . . 4 100 Grain. . . 2 750
VI	Engrais sans potasse.	Id.	Foin sec. 5 700	Comme IV, moins la potasse.	Paille . . 5 925 Grain. . 1 775	Id.	1re coupe. 4 750 2e — . 2 300 Total. . 7 050	Comme IV, moins la potasse.	Paille. . . 5 850 Grain. . . 2 500
VII	Engrais complet sans addition de plâtre.	Id.	Foin sec. 5 850	Comme IV, moins le plâtre.	Paille . . 6 125 Grain. . 1 875	Id.	1re coupe. 5 050 2e — . 2 500 Total. . 7 550	Comme IV, moins le plâtre.	Paille . . . 5 750 Grain. . . 2 500
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	Id.	Foin sec. 4 350	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille . . 5 300 Grain . . 1 900	Id.	1re coupe. 3 450 2e — . 1 850 Total. . 5 300	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille. . . 4 400 Grain. . . 2 250
IX	Engrais sans azote.	Id.	Foin sec. 6 450	Comme IV, moins l'azote.	Paille . . 4 400 Grain. . 1 450	Id.	1re coupe. 5 300 2e — . 2 750 Total. . 8 050	Comme IV, moins l'azote.	Paille. . . 4 650 Grain. . . 3 050

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1890.

NUMÉROS.	NATURE des engrais.	Sole A. BLÉ SUR MINETTE.		Sole B. AVOINE SUR BLÉ.		Sole C. LUZERNE SAINFOIN (2e ANNÉE).		Sole D. POMME DE TERRE SUR AVOINE.	
		Engrais.	Rendements.	Engrais.	Rendements.	Engrais.	Rendements.	Engrais.	Rendements.
			k.		k.		k.		k.
I	Fumure mixte.	Fumier. 15 000k Ac. phosp. 23	Paille . . 7 000 Grain. . 2 800	Ac. phosp. 22k Azote nitr. 22	Paille . . 5 150 Grain. . 3 350	Rien en 1890.	1re coupe. 4 850 2e — . 2 150 Total. . 7 000	Fumier. 15 000k Ac. phosp. 45 Azote nitr. 15	Tubercules. 18 200
II	Fumier seul.	Fumier. 30 000	Paille . . 6 800 Grain . . 2 650	Rien en 1890.	Paille . . 3 850 Grain. . 3 300	Id.	1re coupe. 5 750 2e — . 2 650 Total. . 8 400	Fumier. 30 000	Tubercules. 16 850
III	Engrais complet au phosphate.	Ac. phosp. 60 Az. amm. 20 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Paille . . 6 050 Grain. . 2 450	Ac. phosp. 60k Azote nitr. 31 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Paille . . 4 800 Grain. . 2 750	Id.	1re coupe. 4 750 2e — . 2 150 Total. . 6 900	Ac. phosp. 120 Potasse. . 100 Azote nitr. 31 Plâtre. . . 200	Tubercules. 15 600
IV	Engrais complet au superphosphate.	Ac. phosp. 45 Az. amm. 20 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Paille . . 6 450 Grain. . 2 500	Ac. phosp. 45 Potasse. . 50 Azote nitr. 31 Plâtre . . 200	Paille . . 6 700 Grain. . 2 400	Id.	1re coupe. 5 050 2e — . 2 300 Total . 7 350	Ac. phosp. 90 Potasse. . 100 Azote nitr. 31 Plâtre . . 200	Tubercules. 19 850
V	Sans engrais.	Rien.	Paille . . 5 450 Grain. . 2 250	Rien.	Paille . . 3 200 Grain . . 2 900	Id.	1re coupe. 2 950 2e — . 1 350 Total. . 4 300	Rien.	Tubercules. 8 950
VI	Engrais sans potasse.	Comme IV, moins la potasse.	Paille . . 6 300 Grain. . 2 400	Comme IV, moins la potasse.	Paille . . 6 200 Grain. . 2 300	Id.	1re coupe. 3 700 2e — . 1 675 Total. . 5 375	Comme IV, moins la potasse.	Tubercules. 14 450
VII	Engrais complet sans addition de plâtre.	Comme IV, moins le plâtre.	Paille . . 6 350 Grain. . 2 350	Comme IV, moins le plâtre.	Paille . . 6 000 Grain. . 3 050	Id.	1re coupe. 3 950 2e — . 1 750 Total. . 5 700	Comme IV, moins le plâtre.	Tubercules. 19 050
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille . . 7 000 Grain. . 2 350	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille . . 5 050 Grain. . 2 650	Id.	1re coupe. 2 500 2e — . 1 250 Total. . 3 750	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Tubercules. 13 250
IX	Engrais sans azote.	Comme IV, moins l'azote.	Paille . . 6 200 Grain. . 2 600	Comme IV, moins l'azote.	Paille . . 4 050 Grain . . 3 050	Id.	1re coupe. 4 000 2e — . 2 150 Total. . 6 150	Comme IV, moins l'azote.	u les. 17 350

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1891.

NUMÉROS.	NATURE des engrais.	Sole A. CAROTTES DES VOSGES SUR BLÉ. Engrais.	Sole A. Rendements.	Sole B. LUZERNE. Engrais.	Sole B. Rendements.	Sole C. AVOINE SUR LUZERNE. Engrais.	Sole C. Rendements.	Sole D. BLÉ DE MARS SUR POMME DE TERRE. Engrais.	Sole D. Rendements.
			k.		k.		k.		k.
I	Fumure mixte.	Fumier. 15 000k Ac. phosp. 27 Azote nitr. 15 Potasse. . 50	Racines. 60 000	Rien en 1891.	Foin . . 1 500	Ac. phosp. 30k	Paille . . 4 800 Grain. . 3 200	Az. nitr. 21k,5	Paille. . . 6 350 Grain. . . 2 300
II	Fumier seul.	Fumier. 40 000	Racines. 53 000	Id.	Foin . . 1 750	Rien en 1891.	Paille . . 4 750 Grain. . 3 150	Rien en 1891.	Paille . . . 6 300 Grain. . . 2 200
III	Engrais complet au phosphate.	Ac. phosp. 64 Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Racines. 42 000	Id.	Foin . . 1 400	Ac. phosp. 48k Azote nitr. 15 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Paille . . 4 250 Grain. . 2 750	Ac. phosp. 22k Az. nitr. 21,5 Potasse . 50 Plâtre . . 200	Paille . . . 4 150 Grain. . . 1 650
IV	Engrais complet au superphosphate.	Ac. phosp. 56 Azote nitr. 30 Potasse. . . 50 Plâtre . . 200	Racines. 53 000	Id.	Foin . . 1 600	Ac. phosp. 45 Azote nitr. 15 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Paille . . 5 750 Grain. . 3 250	Ac. phosp. 21,5 Az. nitr. 21,5 Potasse . 50 Plâtre . . 200	Paille . . . 6 250 Grain. . . 6 300
V	Sans engrais.	Rien.	Racines. 36 000	Rien.	Foin . . 1 000	Rien.	Paille . . 2 950 Grain. . 2 650	Rien.	Paille. . . 3 350 Grain. . . 1 000
VI	Engrais sans potasse.	Comme IV, moins la potasse.	Racines. 52 500	Rien en 1891.	Foin . . 1 500	Comme IV, moins la potasse.	Paille . . 5 250 Grain. . 3 300	Comme IV, moins la potasse.	Paille . . . 6 000 Grain . . . 2 150
VII	**Engrais complet sans addition de plâtre.**	**Comme IV, moins le plâtre.**	**Racines. 60 000**	**Id.**	**Foin . . 1 600**	**Comme IV, moins le plâtre.**	**Paille . . 5 150 Grain. . 3 400**	**Comme IV, moins le plâtre.**	**Paille . . . 6 100 Grain. . . 2 300**
VIII	**Engrais sans acide phosphorique.**	**Comme IV, moins l'acide phosphorique.**	**Racines. 39 500**	**Id.**	**Foin . . 1 000**	**Comme IV, moins l'acide phosphorique.**	**Paille . . 3 350 Grain. . 2 600**	**Comme IV, moins l'acide phosphorique.**	**Paille . . . 4 950 Grain. . . 1 650**
IX	**Engrais sans azote.**	**Comme IV, moins l'azote.**	**Racines. 51 000**	**Id.**	**Foin . . 1 500**	**Comme IV, moins l'azote.**	**Paille . . 4 750 Grain. . 3 350**	**Comme IV, moins l'azote.**	**Paille . . . 5 200 Grain. . . 2 000**

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1892.

NUMÉROS.	NATURE des engrais.	Sole A. BLÉ DE MARS. Engrais.	Sole A. Rendements.	Sole B. LUZERNE (2e ANNÉE). Engrais.	Sole B. Rendements.	Sole C. BETTERAVES A SUCRE. Engrais.	Sole C. Rendements.	Sole D. AVOINE. Engrais.	Sole D. Rendements.
			k.		k.		k.		k.
I	Fumure mixte.	Azote nitr. 30k	Grain. . 1 680 Paille. . 2 100	Rien en 1892.	1re coupe. 1 450 2e — . nulle Total. . 1 450	Fumier. 20 000k Ac. phosp. 45 Azote nitr. 30	Racines. 33 660	Ac. phosp. 30 Azote nitr. 15	Grain. . . 1 500 Paille. . . 1 500
II	Fumier seul.	Rien en 1892.	Grain. . 1 500 Paille. . 1 920	Id.	Total. . 1 250	Fumier. 40 000	Racines. 30 360	Rien en 1892.	Grain. . . 1 450 Paille. . . 1 400
III	Engrais complet au phosphate.	Azote nitr. 30k Ac. phosp. 60 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Grain. . 1 380 Paille. . 1 900	Id.	Total. . 1 070	Ac. phosp. 90 Azote nitr. 60 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Racines. 20 800	Ac. phosp. 60 Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Grain. . . 1 350 Paille. . . 1 400
IV	Engrais complet au superphosphate.	Azote nitr. 30 Ac. phosp. 60 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Grain. . 1 450 Paille. . 1 900	Id.	Total. . 2 050	Ac. phosp. 90 Azote nitr. 60 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Racines. 30 558	Ac. phosp. 60 Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 200	Grain. . . 1 500 Paille. . . 1 500
V	Sans engrais.	Rien.	Grain. . 1 300 Paille. . 1 700	Id.	Total. . 870	Rien.	Racines. 11 968	Rien.	Grain. . . 1 100 Paille. . . 1 250
VI	Engrais sans potasse.	Comme IV, moins la potasse.	Grain. . 1 450 Paille. . 1 920	Id.	Total. . 2 200	Comme IV, moins la potasse.	Racines. 27 625	Comme IV, moins la potasse.	Grain. . . 1 450 Paille. . . 1 500
VII	Engrais complet sans addition de plâtre.	Comme IV, moins le plâtre.	Grain. . 1 600 Paille. . 2 000	Id.	Total. . 2 250	Comme IV, moins le plâtre.	Racines. 29 700	Comme IV, moins le plâtre.	Grain. . . 1 500 Paille. . . 1 500
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Grain. . 1 300 Paille. . 1 780	Id.	Total. . 840	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Racines. 12 800	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Grain. . . 1 350 Paille. . . 1 400
IX	Engrais sans azote.	Comme IV, moins l'azote.	Grain. . 1 300 Paille. . 1 600	Id.	Total. . 1 600	Comme IV, moins l'azote.	Racines. 24 750	Comme IV, moins l'azote.	Grain. . . 1 000 Paille. . . 1 100

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1893.

NUMÉROS.	NATURE des engrais.	Sole A. AVOINE SUR BLÉ. Engrais.	Sole A. Rendements.	Sole B. LUZERNE remplacée par MOUTARDON. Engrais.	Sole B. Rendements.	Sole C. BLÉ D'AUTOMNE. Engrais mis au printemps.	Sole C. Rendements.	Sole D. VESCE DE MARS. Engrais.	Sole D. Rendements.
			k.				k.		k.
I	Fumure mixte.	Azote nitr. 22k	Paille . . 1 650 Grain . . 2 250	Fumier. 15 000k Ac. phosp. 30	»	Az. nitr. 22k5	Paille . . 2 900 Grain . . 1 400	Fumier. 15 000k Ac. phosp. 30	Foin sec . 1 200
II	Fumier seul.	Rien en 1893.	Paille . . 1 265 Grain . . 2 000	Fumier. 30 000	»	Rien en 1893.	Paille . . 2 850 Grain . . 1 550	Fumier. 30 000	Foin sec . 1 300
III	Engrais complet au phosphate.	Ac. phosp. 80k Azote nitr. 22 Potasse. . 50 Plâtre . . 400	Paille . . 1 100 Grain . . 1 700	Ac. phosp. 80 Azote nitr. 30	»	Ac. phosp. 80k Az. nitr. 22 5 Plâtre. . 400	Paille . . 2 050 Grain . . 850	Ac. phosp. 80k Azote nitr. 15 Potasse. . 50 Plâtre . . 400	Foin sec . 600
IV	Engrais complet au superphosphate.	Ac. phosp. 60 Azote nitr. 22 Potasse. . 50 Plâtre . . 400	Paille . . 1 250 Grain . . 2 000	Ac. phosp. 60 Azote nitr. 43	»	Ac. phosp. 60 Az. nitr. 22 5 Plâtre. . 400	Paille. . 2 800 Grain . . 1 300	Ac. phosp. 60 Azote nitr. 15 Potasse. . 50 Plâtre . . 400	Foin sec . 1 550
V	Sans engrais.	Rien.	Paille . . 800 Grain. . 1 400	Rien.	»	Rien.	Paille . . 2 250 Grain. . 1 000	Rien.	Foin sec . 670
VI	Engrais sans potasse.	Comme IV, moins la potasse.	Paille . . 1 225 Grain. . 1 750	Comme IV.	»	Comme IV, moins la potasse.	Paille. . 2 600 Grain. . 1 200	Comme IV, moins la potasse.	Foin sec . 1 300
VII	Engrais complet sans addition de plâtre.	Comme IV, moins le plâtre.	Paille . . 1 425 Grain. . 2 100	Comme IV.	»	Comme IV, moins le plâtre.	Paille . . 2 600 Grain. . 1 350	Comme IV, moins le plâtre.	Foin sec . 1 620
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille . . 1 150 Grain. . 1 750	Comme IV, moins l'acide phosphorique.		Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Paille . . 2 050 Grain. . 1 000	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Foin sec . 750
IX	Engrais sans azote.	Comme IV, moins l'azote.	Paille . . 1 100 Grain . . 1 800	Comme IV, moins l'azote.	»	Comme IV, moins l'azote.	Paille. . 2 250 Grain. . 1 200	Comme IV, moins l'azote.	Foin sec . 1 800

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1894.

Numéros.	Nature des engrais.	Sole A. Luzerne. Engrais.	Sole A. Luzerne. Rendements.	Sole B. Féveroles. Engrais.	Sole B. Féveroles. Rendements.	Sole C. Avoine. Engrais.	Sole C. Avoine. Rendements.	Sole D. Blé. Engrais.	Sole D. Blé. Rendements.
					k.		k.		k.
I	Fumure mixte.	Rien.	»	Az. phosp. 32k Azote nitr. 15	Grain. . 1 600	Ac. phosp. 32k Azote nitr. 15	Grain . . 3 200 Paille . . 4 100	Azote nitr. 15k	Grain. . . 2 736 Paille . . . 4 000
II	Fumier seul.	Id.	»	Rien en 1894.	Grain. . 1 800	Rien en 1894.	Grain. . 3 100 Paille . . 3 900	Rien en 1894.	Grain . . . 3 100 Paille . . . 4 200
III	Engrais complet au phosphate.	Id.	»	Ac. phosp. 60k Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 400	Grain. . 1 000	Ac. phosp. 60k Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 400	Grain. . 2 900 Paille . . 4 000	Azote nitr. 30k	Grain. . . 1 680 Paille . . . 2 400
IV	Engrais complet au superphosphate.	Id.	»	Ac. phosp. 64 Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 400	Grain. . 800 Ravagé par le puceron.	Ac. phosp. 64 Azote nitr. 30 Potasse. . 50 Plâtre . . 400	Grain . . 3 100 Paille . . 4 000	Azote nitr. 30	Grain . . . 3 000 Paille . . . 4 000
V	Sans engrais.	Id.	»	Rien.	Grain. . 400 Ravagé par le puceron.	Rien.	Grain. . 2 250 Paille . . 2 600	Rien.	Grain. . . 1 440 Paille . . . 2 000
VI	Engrais sans potasse.	Id.	»	Comme IV, moins la potasse.	Grain. . 900	Comme IV, moins la potasse.	Grain . . 3 000 Paille . . 3 900	Comme IV.	Grain. . . 2 400 Paille . . . 3 600
VII	Engrais complet sans addition de plâtre.	Id.	»	Comme IV, moins le plâtre.	Grain. . 1 600	Comme IV, moins le plâtre.	Grain. . 3 000 Paille . . 3 900	Comme IV.	Grain. . . 3 100 Paille . . . 4 000
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	Id.	»	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Grain. . 600	Comme IV, moins l'acide phosphorique.	Grain. . 2 300 Paille . . 3 000	Comme IV.	Grain. . . 1 550 Paille . . . 2 150
IX	Engrais sans azote.	Id.	»	Comme IV, moins l'azote.	Grain. . 1 000	Comme IV, moins l'azote.	Grain. . 2 500 Paille . . 3 000	Rien en 1894.	Grain. . . 2 640 Paille . . . 3 100

Champ d'expériences de Cloches. — Récolte de 1895.

NUMÉROS.	NATURE des engrais.	Sole A. LUZERNE (2e ANNÉE). Engrais.	Rendements.	Sole B. BLÉ SUR FÉVEROLES. Engrais.	Rendements.	Sole C. BETTERAVES A GRAINES. Engrais.	Rendements.	Sole D. AVOINE. Engrais.	Rendements.
			k.		k.		k.		
I	Fumure mixte.	Rien en 1895.	Foin sec. 3 500	Azote nitr. 30k	Paille . . 5 400 Grain. . 3 600	Ac. phosp. 48k Azote nitr. 30 Fumier. 20 000	Graine . 2 000	Toutes les parcelles ont été fauchées avant la maturité pour y semer de la luzerne en juillet à cause de l'envahissement de la folle avoine surtout dans les parcelles 1 et 2.	
II	Fumier seul.	Id.	Foin sec. 3 800	Rien en 1895.	Paille . . 5 200 Grain. . 3 500	Fumier. 40 000	Graine . 1 900		
III	Engrais complet au phosphate.	Id.	Foin sec. 2 900	Azote nitr. 30k	Paille . . 3 600 Grain. . 2 400	Ac. phosp. 108 Azote nitr. 45 Potasse. . 100 Plâtre . . 200	Graine . 1 700		
IV	Engrais complet au superphosphate.	Id.	Foin sec. 3 200	Id.	Paille . . 4 680 Grain. . 3 120	Ac. phosp. 96 Azote nitr. 45 Potasse. . 100 Plâtre . . 200	Graine . 1 750		
V	Sans engrais.	Id.	Foin sec. 1 500	Rien.	Paille . . 2 880 Grain . . 1 920	Rien.	Graine . 1 100		
VI	Engrais sans potasse.	Id.	Foin sec. 3 100	Azote nitr. 30k	Paille . . 4 600 Grain. . 3 100	Ac. phosp. 96k Azote nitr. 45 Plâtre. . . 200	Graine . 1 700		
VII	Engrais complet sans addition de plâtre.	Id.	Foin sec. 3 150	Id.	Paille . . 4 650 Grain. . 3 150	Ac. phosp. 96 Azote nitr. 45 Potasse. . 100	Graine . 1 700		
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	Id.	Foin sec. 1 450	Id.	Paille . . 2 950 Grain. . 1 950	Azote nitr. 45 Potasse. . 100 Plâtre. . . 200	Graine . 1 100		
IX	Enggais sans azote.	Id.	Foin sec. 3 100	Rien.	Paille . . 3 900 Grain. . 2 700	Ac. phosp. 96 Potasse. . 100 Plâtre . . 200	Graine . 1 700		

DISCUSSION DES RÉSULTATS

I. — Culture du blé.

Pendant la période décennale comprise entre les années 1886 et 1895 inclusivement, nous avons fait neuf récoltes de froment, avec les chances diverses que nous ont imposées les saisons.

La première récolte a eu lieu en 1887, dans la sole A. Après betteraves fourragères en 1886, nous avions fait du blé Dattel. Par suite d'une erreur de semis, la parcelle V, qui devait servir de témoin, a reçu un engrais complet. D'autre part, le piétin (*Ophiobolus graminis, Prillieux*), à la suite des grandes pluies de la fin de mai, s'est abattu sur les parcelles qui, par suite d'une importante fumure en superphosphate, s'étaient développées le plus hâtivement et se trouvaient trop drues. Nous croyons donc ne pouvoir tirer aucune conclusion des récoltes obtenues en 1887 et nous ne les avons pas fait figurer dans les tableaux récapitulatifs qui serviront de base à nos conclusions, bien qu'elles fassent figure dans les tableaux généraux des récoltes effectuées.

En 1888, nous avons récolté dans la sole C, du blé rouge de Bordeaux. Il avait été semé en 1887 après des betteraves fourragères, qui succédaient elles-mêmes à de l'orge de printemps. La rouille a sévi malheureusement cette année, avec une rare intensité dans toutes les parcelles et a diminué les rendements dans des proportions énormes. Toutefois, cette année de culture n'a pas été, comme la précédente par suite du piétin, tout à fait perdue, car le fléau qui l'a ravagée s'est appesanti partout avec une régularité qui n'a été troublée que par l'action physiologique de l'acide phosphorique, signalée par nous depuis longtemps. L'influence néfaste de la rouille a été considérable, et nous avons pu la mesurer en comparant notre rendement maximum au champ d'expériences, avec celui d'une pièce voisine de 4 hectares cultivée dans des conditions analogues. Tandis que cette pièce donnait un rendement moyen de 32 quintaux, le

maximum obtenu au champ d'expériences dans la parcelle n° I atteignait seulement 22 quintaux. La rouille a donc déprécié le rendement de 10 quintaux de grains ou de un tiers du maximum.

L'année 1889 a été très défavorable aux recherches expérimentales sur la production des céréales dans toute notre région. Les violents orages qui, dès le commencement de juin, se sont déchaînés sur notre pays, ont occasionné la verse des blés surtout et détruit nos justes espérances. Dans bien des cas, cette verse regrettable a eu pour effet de nous faire obtenir des rendements inverses des fumures appliquées. Le champ d'expériences de Cloches n'a pas été épargné sous ce rapport et cela a été d'autant plus regrettable qu'au 8 juin nos parcelles avaient un aspect très favorable, ainsi que cela résulte des notes prises par M. Oscar Benoist, notes que nous reproduisons ci-après :

Parcelle I. — Fumure rationnelle = 45 kilogr. d'acide phosphorique soluble au citrate, et 15 kilogr. d'azote nitrique au printemps. Bonne végétation, belle couleur.

Parcelle II. — Grosse fumure en 1888. Rien en 1889. Végétation un peu moins forte, couleur un peu plus jaunâtre, assez de précocité.

Parcelle III. — Engrais complet au phosphate minéral. — Végétation tardive, pas encore d'épis sortis, tiges peu serrées.

Parcelle IV. — Engrais complet au superphosphate. — Végétation très forte et très épaisse, bonne couleur.

Parcelle V. — Pas d'engrais. — Végétation chétive, mais verte et tardive. Aucun épi ne se montre. Apparence de demi-récolte.

Parcelle VI. — Engrais sans potasse. — Même apparence que la parcelle IV. Toutefois, l'épiage est moins avancé.

Parcelle VII. — Engrais complet sans addition de plâtre. La plus belle de toutes. Le sulfate d'ammoniaque paraît avoir été plus favorable que le nitrate.

Parcelle VIII. — Engrais sans acide phosphorique. — Ressemble au n° III, mais la végétation est encore plus tardive et moins serrée de tiges.

Parcelle IX. — Engrais sans azote. — L'épiage est très avancé,

mais les épis sont très petits. Couleur très jaunâtre. Tiges très serrées, mais très dures. Beaucoup de feuilles desséchées au pied.

Le jour même où l'on relevait ces notes, une violente tourmente orageuse s'abattit sur la ferme de Cloches. Les blés dont l'épiage était le plus avancé ont été surtout versés. Ce sont, au champ d'expériences, les parcelles qui avaient reçu de l'acide phosphorique comme engrais qui ont le plus souffert de cet accident, parce qu'elles étaient les plus avancées sous ce rapport. La parcelle IX fut la plus éprouvée. La récolte y était abattue et emmêlée comme si un troupeau de moutons y eût passé.

Toutefois, si l'orage violent dont nous venons de parler doit être considéré comme la cause principale de la verse, il n'a pas été la seule. Dans le champ voisin, le blé avait moins souffert de l'orage. Aussi M. Oscar Benoist rechercha-t-il quelle pouvait être la cause de cette différence. Il la trouva en observant 2 jours après (10 juin) que tous ces blés, si gâtés par la verse, étaient atteints de la pourriture du pied entre la racine et le premier nœud. Ils étaient donc malades du *piétin*. Déjà en 1887, dans la sole A, le blé Dattel que nous avions semé après betteraves fourragères avait été ravagé par cette maladie à la suite des grandes pluies de la fin de mai. Nous avions remarqué alors que la maladie s'était surtout abattue sur les parcelles qui, par suite d'une abondante fumure en superphosphate, s'étaient développées plus hâtivement et se trouvaient trop drues... De même, en 1889, la maladie a sévi avec beaucoup plus d'intensité dans les parcelles fumées au superphosphate qui étaient aussi trop drues.

Ces observations nous montrent qu'il est indispensable de semer moins de grains à l'hectare lorsqu'on emploie des engrais phosphatés, dans notre pays, que lorsqu'on n'a recours qu'au fumier. Leur action est tellement intense sur le premier développement de la plante qu'un semis, qui resterait clair sans leur emploi, devient trop serré. Il faut donc réagir contre la tendance, trop générale chez nos cultivateurs, de semer trop dru. Avec les engrais chimiques judicieusement employés, la végétation est fournie depuis la levée. Pour un même volume de semences, on obtient sûrement plus de plantes et plus de tiges qu'avec les méthodes de nos pères; c'est pourquoi nous devons

modifier leur usage de semer trop épais, si nous voulons obtenir de l'emploi des engrais tout ce qu'il peut donner.

Nous avons fait figurer la récolte de 1889 dans nos tableaux récapitulatifs, car si les rendements en grains se sont montrés discordants, les rendements en paille, au contraire, montrent que si la maturation n'avait pas été entravée par la verse, nous aurions pu obtenir des résultats normaux et concluants.

En 1890, nous avons récolté du blé Dattel. Il avait été semé sur la sole A, le 20 octobre 1889, après une culture de minette. Au printemps, on donna à la récolte un vigoureux coup de herse, et le 31 mai, M. Benoist relevait les observations suivantes :

I. *Demi-fumure et engrais chimique.* — Le blé avait pendant l'hiver un peu souffert des mulots. Il a eu besoin d'un petit sarclage pour être débarrassé de quelques beaux coquelicots. L'épiage s'annonçait comme prochain, la couleur générale était bonne. La hauteur des tiges, sans allonger les feuilles, était de $0^m,85$.

II. *Forte fumure.* — Mêmes observations que pour le n° I. Un peu plus de précocité toutefois et par suite couleur un peu meilleure.

III. *Engrais complet au phosphate naturel.* — Végétation plus tardive, tiges moins serrées que dans les parcelles précédentes. Les mulots ont épargné cette parcelle comme les suivantes. Le blé, de couleur vert foncé, présente une hauteur de $0^m,70$.

IV. *Engrais complet au superphosphate.* — Bonne est la végétation et belle est la couleur ; mais les tiges sont trop serrées et manquent d'air au pied. La hauteur des tiges est de $0^m,80$. En somme, cette parcelle promet d'être moins bonne que les n^{os} I et II.

V. *Sans engrais.* — Le blé se ressent encore de l'engrais que la parcelle a reçu par erreur en 1887. Il est à peu près semblable à celui du n° III. Les tiges ont la même hauteur. Elles sont plus serrées et moins vigoureuses, quoique aussi vertes.

VI. *Engrais sans potasse.* — Cette parcelle tient le milieu entre III et IV. Les tiges hautes de 75 centimètres sont assez serrées et vertes. Elles ont une couleur plus glauque et paraissent plus molles qu'ailleurs.

VII. *Engrais complet sans plâtre.* — Cette parcelle a reçu la même fumure que le n° IV, moins le plâtre, et avec cette différence que l'azote a été fourni au printemps sous forme de nitrate de soude. Elle est la plus belle de toutes, mais les tiges y sont beaucoup trop serrées. La hauteur est de 82 centimètres. Chacune d'elles, prise à part, est moins vigoureuse que celles des parcelles I et II.

VIII. *Engrais sans acide phosphorique.* — Cette parcelle est en tous points semblable au n° III; toutefois, les tiges sont encore un moins serrées.

IX. *Engrais sans azote.* — La végétation y atteint le maximum de précocité. La couleur jaunâtre est de bon augure. Les tiges sont fines et serrées. La récolte donne de belles espérances.

A cette époque, la maladie du piétin était déjà visible à la base des tiges, bien qu'aucune d'elles ne fût encore abattue sur le sol. Toutes les parcelles étaient atteintes. Le 10 juin, un petit coup de vent, accompagné de pluie, couchait facilement à terre toutes les tiges malades du piétin. Les parcelles fumées au superphosphate, où le blé avait poussé trop dru, étaient les plus ravagées. Plus tard, des orages violents sont venus aggraver ces dégâts ; les parcelles qui auraient dû donner les meilleurs résultats ont été les plus compromises.

En 1891, nous avons récolté du blé Chiddam de mars dans la sole D. Il venait après une récolte de pommes de terre qui succédait elle-même à une avoine sur défrichement de luzerne. On avait semé dans les neuf parcelles du blé gris de Saint-Laud ou Saumur, au commencement de novembre 1890. L'hiver désastreux de 1890-1891 détruisit cette emblave et l'on ressema de nouveau le sol, après un petit labour, en blé de mars de la variété Chiddam, le 2 février 1891. Le semis fut fait en lignes a raison de 180 litres à l'hectare. On avait répandu les engrais le 1er février. Le blé fut sarclé vers le 20 mai, et le 27 juin, M. Oscar Benoist faisait les observations suivantes :

I. *Fumure mixte.* — A moitié épié. Assez fort, mais de végétation inégale, comme du reste toutes les autres parcelles, par suite du ravage des vers blancs.

II. *Forte fumure.* — Un peu plus avancé que le n° I, mais un peu moins fort. Belle couleur, promet une bonne maturation.

III. *Engrais complet au phosphate.* — Très tardif. Pas assez fort. N'a pas encore épié et promet une mauvaise récolte.

IV. *Engrais complet au superphosphate.* — Très beau, assez épié, belle couleur.

V. *Sans engrais.* — Très mauvais, tardif. Ravagé par le ver blanc, un peu plus que les autres à cause de sa faiblesse. En grande culture, on devrait le supprimer.

VI. *Engrais sans potasse.* — Un peu moins régulièrement bon que le n° IV, un peu moins précoce.

VII. *Engrais complet sans plâtre.* — En tous points semblable au n° IV, c'est-à-dire très bon.

VIII. *Engrais sans acide phosphorique.* — Semblable à peu près au n° III, mais encore un peu plus tardif.

IX. *Engrais sans azote.* — Assez beau. Mieux épié que tous les autres, mais n'a que de petits épis. Couleur jaunâtre. Ne fournira pas beaucoup de gerbes, mais mûrira sûrement bien.

En 1892, la sole A, qui avait donné l'année précédente une récolte de carottes fourragères, portait du blé barbu à gros grains, semé le 5 novembre 1891. Les rigueurs de l'hiver l'ayant complètement détruit, on a dû le remplacer encore une fois par une variété de printemps : le blé de Saumur de mars. La semaille se fit le 21 mars 1892.

La sécheresse tout à fait exceptionnelle dont on a eu à souffrir cette année a eu des effets désastreux sur toutes les céréales de printemps et particulièrement sur le blé. De sorte que, considérés isolément, les résultats de cette culture ne seraient pas de nature à servir de base à des conclusions définitives sur l'action des engrais. Nous les avons cependant fait figurer dans nos tableaux récapitulatifs.

En 1893, la sole C portait du blé de Saint-Laud, succédant à des betteraves à sucre. L'infériorité générale des rendements est le résultat de la sécheresse extraordinaire de l'année.

En 1894, la sole D était emblavée en blé Dattel. Il succédait à une vesce de printemps n'ayant donné qu'un faible produit en 1893. Semé le 20 octobre 1893, il a donné une très belle récolte.

La récolte du blé de 1895 était portée par la sole B. Elle a été parfaitement réussie. Le terrain a été jugé assez enrichi en acide phosphorique et en potasse par les reliquats des fumures antérieures, c'est pourquoi on n'y a répandu à l'automne ni engrais phosphatés, ni sels potassiques.

En résumé, sur nos neuf récoltes de froment, nous avons dû éliminer la première et parmi les huit autres nous en avons deux de très bonnes, deux assez bonnes, deux passables et deux mauvaises. Nous avons eu à souffrir de la gelée deux années, de la rouille une année, du piétin presque tous les ans, et de la verse. Nos cultures de blés ont donc été soumises à toutes les vicissitudes du climat.

Dans les tableaux suivants, nous avons récapitulé par parcelles les rendements obtenus chaque année pour établir les moyennes qui serviront de base à la discussion des résultats.

Le graphique de la page 81 rend sensible à l'œil l'effet des différents engrais sur la production du grain et de la paille. Au-dessus de la ligne AA les rectangles couverts de hachures sont proportionnels aux excédents de grain obtenus. Au-dessous, les rectangles représentent les excédents de paille.

Blé.

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	ANNÉES.	RENDEMENTS A L'HECTARE.		EXCÉDENTS DE RÉCOLTE.	
			Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
			quint. m.	quint. m.	quint. m.	quint. m.
I.	Fumure mixte. .	1888 C.	22,0	53,3	9,5	14,5
		1889 B.	18,5	62,5	1,0	18,0
		1890 A.	28,0	70,0	5,5	15,5
		1891 D.	23,0	63,5	13,0	29,0
		1892 A.	16,8	21,0	3,8	4,0
		1893 C.	14,0	29,0	4,0	6,5
		1894 D.	27,4	40,0	13,0	20,0
		1895 B.	36,0	54,0	16,8	25,2
		Moyennes.	23,2	49,2	8,3	16,5

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	ANNÉES.	RENDEMENTS A L'HECTARE. Grain.	Paille.	EXCÉDENTS DE RÉCOLTE. Grain.	Paille.
			quint. m.	quint. m.	quint. m.	quint. m.
II.	Fumier seul . .	1888 C.	18,5	45,0	6,0	6,0
		1889 B.	17,0	50,0	— 0,5	5,5
		1890 A.	26,5	68,0	4,0	13,5
		1891 D.	22,0	63,0	12,0	29,5
		1892 A.	15,0	19,2	2,0	2,2
		1893 C.	15,5	28,5	5,5	6,0
		1894 D.	31,0	42,0	17,6	22,0
		1895 B.	35,0	52,0	15,8	13,2
		Moyennes.	22,56	46,0	7,7	13,5
III.	Engrais complet au phosphate des Ardennes.	1888 C.	13,5	40,5	1,0	1,5
		1889 B.	21,5	63,5	4,0	19,0
		1890 A.	24,5	60,5	2,0	6,0
		1891 D.	16,5	41,5	6,5	8,0
		1892 A.	13,8	19,0	0,8	2,0
		1893 C.	8,5	20,5	— 1,5	— 2,0
		1894 D.	16,8	24,0	2,4	4,0
		1895 B.	24,0	36,0	4,8	7,2
		Moyennes.	17,4	38,2	2,4	5,7
IV.	Engrais complet au superphosphate	1888 C.	20,0	47,5	7.5	8,5
		1889 B.	17,5	57,5	0,0	13,0
		1890 A.	25,0	64,5	2,5	10,0
		1881 D.	23,0	62,5	13,0	29,0
		1892 A.	14,5	19,0	1,5	2,0
		1893 C.	13,0	28,0	3,0	5,5
		1894 D.	30,0	40,0	15,6	20,0
		1895 B.	31,2	46,8	12,0	18,0
		Moyennes.	21,77	45,7	6,88	13,2
VI.	Engrais sans *potasse*.	1888 C.	21,0	49,5	8,5	10,5
		1889 B.	17,75	59,25	0,25	14,75
		1890 A.	24,0	63,0	1,50	8,5
		1891 D.	21,5	60,0	11,50	26,5
		1892 A.	14,5	19,2	1,5	2,2
		1893 C.	12,0	26,0	2,0	3,5
		1894 D.	24,0	36,0	9,6	16,0
		1895 B.	31,0	46,0	11,8	17,2
		Moyennes.	20,7	44,86	5,83	12,27

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	ANNÉES.	RENDEMENTS A L'HECTARE. Grain.	Paille.	EXCÉDENTS DE RÉCOLTE. Grain.	Paille.
			quint. m.	quint. m.	quint. m.	quint. m.
VII.	Engrais complet sans plâtre . .	1888 C.	21,0	48,5	8.5	9,5
		1889 B.	18,75	61,25	1,25	16,75
		1890 A.	23,5	63,5	1,00	9,0
		1891 D.	23,0	61,0	13,0	27,5
		1892 A.	16,0	20,0	3,0	3,0
		1893 C.	13,5	26,0	3,5	3,5
		1894 D.	31,0	40,0	16,6	20,0
		1895 B.	31,5	46,5	12,3	17,7
		Moyennes.	22,28	45,84	7,39	13,37
IV.	Engrais complet.	. . . . .	21,77	45,70	6,88	13,2
	Moyennes IV et VII.		22,02	45,77	7,13	13,28
VIII.	Engrais sans *acide phosphorique*	1888 C.	15,5	41,0	3,0	2,0
		1889 B.	19,0	53,0	1,5	8,5
		1890 A.	23,5	70,0	1,0	15,5
		1891 D.	16,5	49.5	6,5	16,0
		1892 A.	13,0	17,8	»	0,8
		1893 C.	10,0	20,5	»	— 2,0
		1894 D.	15,5	21,5	1,1	1,5
		1895 B.	19,0	29,5	0,3	0,7
		Moyennes.	16,5	37,85	1,67	5,3
IX.	Engrais sans *azote*.	1888 C.	17,0	41,5	4,5	2,5
		1889 B.	14,5	44,0	— 3,0	— 0,5
		1890 A.	26,0	62,0	3,5	7,5
		1891 D.	20,0	52,0	10,0	18,5
		1892 A.	13,0	16,0	»	— 1,0
		1893 C.	12,0	22,5	2,0	»
		1894 D.	26,4	31,0	12,0	11,0
		1895 B.	27,0	39,0	7,8	10,2
		Moyennes.	19,48	38,5	4,6	6,0
V.	*Sans engrais*. .	1888 C.	12,5	39,0	»	»
		1889 B.	17,5	44,5	»	»
		1890 A.	22,5	54,5	»	»
		1891 D.	10,0	33,5	»	»
		1892 A.	13,0	17,0	»	»
		1893 C.	10,0	22,5	»	»
		1894 D.	14,4	20,0	»	»
		1895 B.	19,2	28,8	»	»
		Moyennes.	14,88	32,47	»	»

Récapitulation générale.

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	RENDEMENTS A L'HECTARE.		EXCÉDENTS DE RÉCOLTE.	
		Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
		quint. m.	quint. m.	quint. m.	quint. m.
I.	Fumure mixte.	23,2	49,2	8,3	16,5
II.	Fumier seul.	22,56	46,0	7,7	13,5
III.	Complet phosphate.	17,4	38,2	2,4	5,7
IV.	Complet superphosphate. . .	21,8	45,7	6,9	13,2
V.	Sans engrais	14,9	32,5	»	»
VI.	Engrais sans potasse	20,7	44,9	5,8	12,3
VII.	Complet sans plâtre.	22,3	45,8	7,4	13,3
VIII.	Engrais sans acide phosphorique	16,5	37,8	1,6	5,3
IX.	Engrais sans azote.	19,5	38,5	4,6	6,0
$\frac{IV + VII}{2}$.	. . . .	22,0	45,8	7,1	13,3

Conclusions.

De l'ensemble des huit récoltes de froment, que nous avons faites pendant nos dix années d'expériences à Cloches, il résulte d'après notre tableau récapitulatif général :

1° Qu'un sol de limon des plateaux de la composition de notre champ est capable de fournir, en culture assolée, sans aucun engrais un produit moyen de

	Quintaux
Grain	14 ,88
Paille	32 ,47

2° En admettant, comme cela ressort des expériences que nous avons rapportées dans notre traité *les Céréales*[1], que, pour produire un quintal de grain avec sa paille, il faille que le froment emprunte au sol :

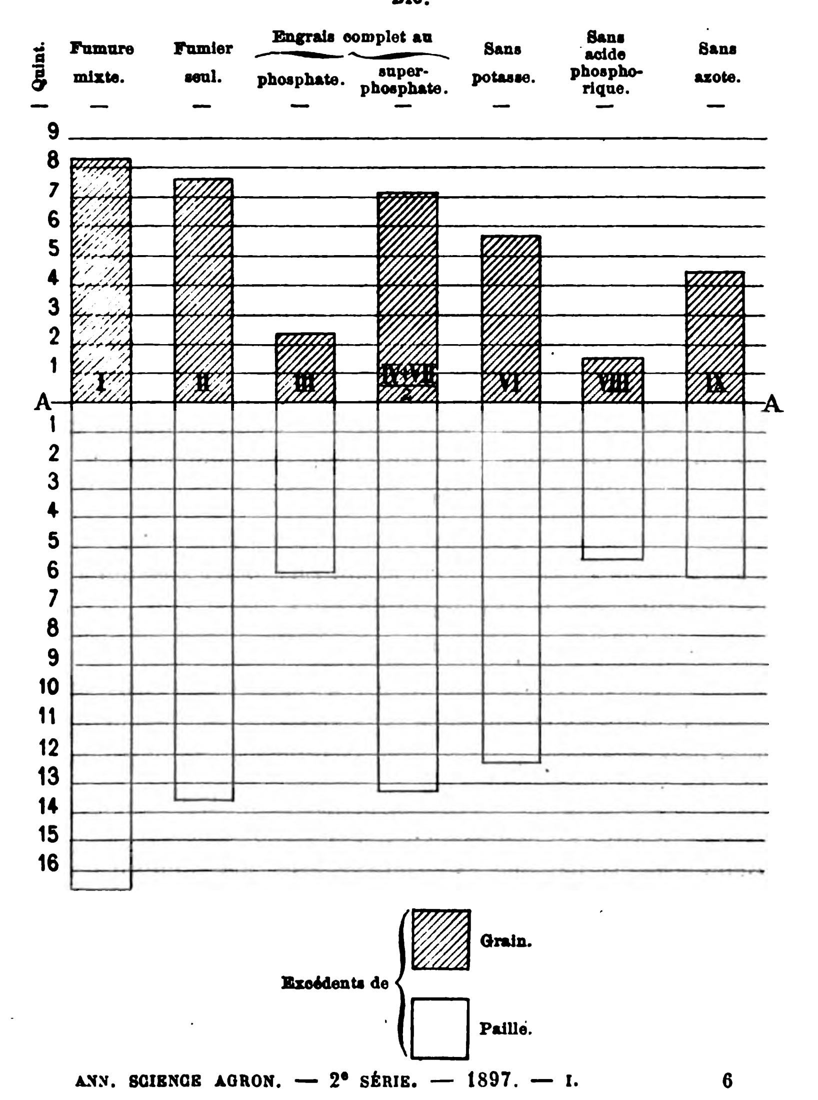
Azote	3kg,91
Acide phosphorique	2 ,36
Potasse	3 ,75

1. *Les Céréales,* p. 240. Firmin-Didot, 1894.

nous déduirons que le blé a pu tirer en moyenne, pendant sa végétation, d'un tel terrain :

Azote.	58 kilogr.
Acide phosphorique.	35 —
Potassc	56 —

Mais, si l'on passe à l'examen des récoltes annuelles, on reconnaît



que, suivant les conditions météorologiques de l'année, le rendement du sol sans engrais oscille de 10 quintaux en 1891 (blé de mars succédant à la gelée du blé d'hiver) et en 1893 (blé d'automne avec sécheresse exceptionnelle), à 22^{qm},5 en 1890 et 19^{qm},5 en 1895, années favorables à la production du blé.

Il en résulte que, dans les circonstances les plus favorables, le sol de Cloches a pu, sans addition d'aucune matière fertilisante, livrer au blé :

Azote	82^{kg},0
Acide phosphorique	49 ,5
Potasse	79 ,0

Toutefois, en vertu de ce principe que les récoltes sont proportionnelles à celui des éléments fertilisants qui manque le plus au sol, il est probable que notre terrain serait capable, dans des circonstances spéciales, de fournir à une culture de blé des quantités plus élevées de substances nutritives que celles qui précèdent. L'examen des récoltes obtenues dans les parcelles VI, VIII et IX qui ont reçu régulièrement des fumures privées ou de potasse, ou d'acide phosphorique, ou d'azote respectivement, mais pourvues des autres principes nutritifs, va nous éclairer à ce sujet.

En moyenne dans la parcelles VI, à engrais privé de potasse, le blé a tiré du sol 78 kilogr. de cet alcali. En 1895, année qui a été la plus favorable pour le rendement de cette parcelle, la plante a pu tirer du sol 116 kilogr. de potasse.

Dans la parcelle VIII, à fumure exempte d'acide phosphorique, le blé a pu tirer du sol en moyenne 39 kilogr. de cet élément, qui est le plus rare dans notre terrain. L'année 1890 a été la plus favorable au rendement de cette parcelle, et le blé a pu puiser dans le sol 55 kilogr. d'acide phosphorique.

Enfin dans la parcelle IX, cultivée avec une fumure toujours exempte d'azote, le froment a pu absorber en moyenne 76 kilogr. de ce corps, et dans l'année de la plus belle récolte (1895), cette absorption d'azote a pu atteindre 105 kilogr.

Ces considérations montrent combien est grande l'action des conditions météorologiques sur l'utilisation des ressources foncières du

sol, et que l'addition au sol de principes fertilisants déterminés favorise d'autant plus l'absorption des autres éléments que ceux ajoutés font plus défaut.

3° Avec un engrais complet renfermant l'acide phosphorique sous forme soluble à l'eau et au citrate d'ammoniaque, le rendement moyen s'est élevé à 22 quintaux de grain et à 45qm,8 de paille, fournissant sur la parcelle sans engrais un excédent de 7qm,1 du premier et de 13qm,3 pour la seconde.

L'engrais complet a donc augmenté la récolte du sol sans engrais de 47.7 p. 100 pour le grain et de 41 p. 100 pour la paille.

4° Si dans l'engrais complet nous remplaçons l'acide phosphorique soluble à l'eau et au citrate par l'acide phosphorique insoluble du *phosphate* des Ardennes, même en forçant la dose de ce dernier, nous voyons le rendement tomber de 22 quintaux à 17qm,4 pour le grain, et de 45qm,8 à 38qm,2 pour la paille. Quant aux excédents de récolte, ils s'abaissent de 7qm,1 à 2qm,4 dans le cas du grain et de 13qm,3 à 5qm,7 dans celui de la paille. L'accroissement de récolte n'est plus en moyenne pour le grain que de 13 p. 100 et pour la paille que de 14 p. 100.

Il est donc notoire que dans le sol considéré, pour le froment, l'acide phosphorique insoluble se montre d'une efficacité très inférieure à l'acide phosphorique soluble à l'eau et au citrate. Nos cultivateurs de Beauce, qui se montrent rebelles aux suggestions des partisans quand même des phosphates naturels, nous paraissent donc être dans le vrai. Les résultats de ces dix années d'expériences, confirmés du reste par ceux que nous avons obtenus pendant cinq années consécutives à Gas, dans un terrain analogue, nous semblent de nature à justifier complètement leur manière d'agir. Nous reviendrons du reste sur cette question, quand nous aurons passé en revue nos diverses récoltes. Mais pour ce qui concerne le blé nous pouvons résumer cette série d'essais comparés en disant qu'à égalité d'acide phosphorique employé par hectare, dans le limon de Beauce, l'efficacité du phosphate des Ardennes ne dépasse pas 27 p. 100 pour le grain et 34 p. 100 pour la paille de celle du superphosphate.

5° Il nous faut examiner maintenant quelle est l'importance rela-

tive des trois principes fertilisants fondamentaux que nous avons employés : l'azote nitrique ou ammoniacal, l'acide phosphorique soluble à l'eau et au citrate et la potasse soluble.

En ce qui concerne l'acide phosphorique, la comparaison des excédents de récoltes obtenus respectivement dans les parcelles IV et VII qui ont toujours reçu du superphosphate, et la parcelle VIII maintenue pendant dix années consécutives à l'abstinence de cet élément fertilisant, fait ressortir avec la plus grande netteté que l'emploi de l'acide phosphorique assimilable est indispensable dans notre terrain pour la production du blé. En supprimant de la fumure complète l'engrais phosphaté, l'excédent de grain tombe en effet de $7^{qm},1$ à $1^{qm},6$ et celui de paille de $13^{qm},3$ à $5^{qm},3$.

L'acide phosphorique a donc élevé le rendement de 37.5 p. 100 de grain et de 24.7 p. 100 de paille en prenant pour terme de comparaison celui de la parcelle sans engrais. Si l'on compare cette action à celle de l'engrais complet signalée plus haut, on voit qu'à lui seul l'acide phosphorique a plus d'efficacité pour accroître la récolte que les deux autres éléments réunis, et que par conséquent c'est le manque d'acide phosphorique qui est le caractère le plus tranché du limon de Cloches sous le rapport des ressources alimentaires.

6° La potasse n'a pas été sans action sur la production du froment, quoiqu'on ne puisse comparer son influence à celle de l'acide phosphorique. Sa suppression dans la parcelle VI fait baisser l'excédent de grain de $1^{qm},3$ et celui de paille de 1 quintal. Cette matière fertilisante a accru la récolte, par rapport à celle du sol sans engrais, de 8.7 p. 100 de grain et de 3 p. 100 de paille.

La potasse assimilable n'est donc pas dans notre sol en quantité tout à fait suffisante pour permettre aux autres principes fertilisants de fournir tout leur effet.

7° L'azote s'est montré plus efficace que la potasse, mais moins que l'acide phosphorique. La suppression de cet élément fertilisant dans la parcelle IX abaisse l'excédent de $2^{qm},5$ de grain et de $7^{qm},3$ de paille. L'accroissement de récolte dû à l'azote, par rapport au sol sans engrais, est donc de 16.7 p. 100 de grain et de 22.4 p. 100 de paille.

8° Si nous admettons que l'action du mélange fertilisant que nous avons employé soit égale à 100, et que nous la répartissions pour chacun des composants proportionnellement à leur action séparée, constatée dans les expériences précédentes, nous obtenons le tableau suivant :

	GRAIN.	PAILLE.
Acide phosphorique	59.8	49.2
Potasse	13.7	6.0
Azote	26.5	44.8
Total	100.0	100.0

L'efficacité de la potasse sur le grain étant 1, celle de l'azote est 2 et celle de l'acide phosphorique est 4, en nombre rond.

Pour la paille on obtient les nombres 1, 7 et 8.

9° Le fumier seul donné régulièrement à la dose de 30 000 kilogr. par période triennale et appliqué de préférence à la récolte sarclée, a donné un excédent moyen de récolte très légèrement supérieure à celui fourni par l'engrais complet. C'est que le fumier de Cloches est très riche en acide phosphorique ; nous y avons trouvé en effet 5 p. 1000 de cet élément.

10° La demi-fumure de fumier employée dans les mêmes conditions, mais complétée principalement par une petite dose de superphosphate a donné des excédents moyens de grains et de paille les plus élevés, 8qm,3 et 16qm,5. Il n'est donc pas douteux qu'il ne soit préférable, au point de vue économique surtout, de combiner l'emploi du fumier et des engrais complémentaires plutôt que de recourir exclusivement soit au fumier seul, même quand il est de qualité supérieure, soit aux engrais de commerce.

11° Les fumures distribuées aux parcelles IV et VII ne différaient entre elles que par une addition de plâtre pour la première. La comparaison des excédents obtenus : 6qm,9 et 7qm,4 pour le grain, 13qm,2 et 13qm,3 pour la paille démontrent nettement que pour le blé cette addition de plâtre est une dépense tout à fait inutile.

12° Il nous a paru intéressant de rechercher l'influence de la composition de la fumure sur la constitution de la récolte. Dans ce but, nous avons calculé pour chaque parcelle la proportion de grain ob-

tenu pour 100 kilogr. de paille. Le tableau suivant reproduit les résultats de ce calcul :

NUMÉROS. des parcelles.	NATURE DE LA FUMURE.	GRAIN pour 100 de paille.
I	Fumure mixte	47.16
II	Fumier seul	49.04
III	Engrais complet au phosphate	45.55
IV	— superphosphate	47.70
V	Sans engrais	45.84
VI	Engrais sans potasse	46.10
VII	Engrais complet sans plâtre	48.69
VIII	— sans acide phosphorique	43.66
IX	Engrais sans azote	50.59
$\frac{IV + VII}{2}$	Engrais complet (moyenne)	48.19

On voit que la plus forte proportion de grain est obtenue avec l'engrais phospho-potassique. Le fumier seul vient ensuite, suivi de près par l'engrais complet et la fumure mixte. L'engrais sans potasse et l'engrais complet au phosphate naturel se rapprochent de la proportion fournie par le sol sans engrais. Enfin la suppression de l'acide phosphorique abaisse considérablement la proportion du grain.

II. — Culture de l'avoine.

Durant nos dix années de culture à Cloches, nous avons fait 10 avoines dans les conditions les plus diverses, et 9 d'entre elles vont servir de base à nos déductions. La récolte de 1895 a dû être coupée en vert, parce que certaines parcelles étaient envahies par la folle avoine. Nous allons rapporter d'abord les observations générales que nous avons relevées à propos de chaque récolte.

L'année 1886 a été très favorable à l'avoine. En 1887, la récolte a encore été assez bonne, mais, en 1888, les avoines, trop drues, ont énormément souffert de la longue période de sécheresse vernale et ensuite de l'excès d'humidité estivale.

L'avoine de 1889 succédait à un défrichement de luzerne de 2 ans. Dans ces conditions de culture, elle avait plutôt besoin d'acide phos-

phorique que d'azote. La verse a troublé son développement et sa maturation.

En 1890, sur la sole B, l'avoine succédait à un blé. On avait eu soin de déchaumer ce dernier aussitôt après la moisson, et de donner un coup de herse après la levée de l'avoine pour y semer de la luzerne. Au 31 mai, M. Benoist faisait les observations suivantes :

I. *Fumure mixte.* — L'avoine est épaisse, belle et de bonne couleur.

II. *Fumier seul.* — L'avoine est moins épaisse, moins élevée et plus jaunâtre.

III. *Engrais complet au phosphate.* — Plant clair, mais végétation vigoureuse et un peu tardive.

IV. *Engrais complet au superphosphate.* — Superbe sous tous les rapports, ne craint que la verse.

V. *Sans engrais.* — Végétation plus faible que partout ailleurs, mais encore égale à la moyenne des avoines de la contrée.

VI. *Engrais sans potasse.* — Très beau, mais un peu inférieur à IV et à VII.

VII. *Engrais complet sans plâtre.* — Absolument semblable au n° IV.

VIII. *Engrais sans acide phosphorique.* — Tardif. Plus clair encore que le n° III. Trop vert, a tout à craindre pour la maturité.

IX. *Engrais sans azote.* — Très beau, mais un peu trop jaunâtre.

Les craintes de verse se sont malheureusement réalisées vers la fin de juin, et les parcelles les plus belles, I, IV, VI et VII, ont été les plus compromises.

A la maturité, on observe que toutes les parcelles qui ont reçu de l'azote nitrique sont atteintes d'*échaudage*. La parcelle VI est encore plus échaudée que les autres. Il semblerait, d'après cela, que la potasse, comme l'acide phosphorique, favorise la bonne maturation de l'avoine.

En 1891 la sole C a porté une avoine, venant sur défrichement d'une luzerne-sainfoin, qui avait été récoltée deux années.

Le défrichement ne fut exécuté que vers le 15 janvier, alors que la terre n'était pas encore complètement dégelée du fond.

Le 29 juin M. Benoist notait les observations suivantes :

N° I. *Demi-fumure antérieure et superphosphate.* — Avoine épiée, très belle. — Un peu de verse.

N° II. *Forte fumure antérieure.* — Avoine un peu moins avancée qu'en I. Promet d'être bonne.

N° III. *Engrais complet au phosphate.* — Plus tardive qu'en II, l'avoine est verte, pas très forte et souffrirait beaucoup s'il venait un temps sec.

N° IV. *Engrais complet au superphosphate.* — Récolte admirable, bien épiée, mais craint la verse.

N° V. *Sans engrais.* — Avoine bien plus mauvaise qu'en III, conséquence à la fois de l'absence d'engrais et de ce que la prairie avait poussé avec beaucoup plus d'abondance en III et y avait laissé plus d'azote.

N° VI. *Sans potasse.* — Aspect moins régulier et moins bon qu'en IV et VII. Épiage moins avancé.

N° VII. *Engrais complet.* — Comme IV.

N° VIII. *Sans acide phosphorique.* — L'avoine est meilleure qu'en V et moins bonne qu'en III. Elle est trop verte et trop tardive.

N° IX. Récolte très bonne, bien épiée. Moins forte qu'en IV et VII, mais plus qu'en II.

La sécheresse tout à fait exceptionnelle dont on a eu à souffrir *en 1892* a eu des effets désastreux sur l'avoine que nous avions semée après blé dans la sole D. L'année 1893 a été encore plus sèche que la précédente. Enfin la récolte de 1894, qui succéda à un blé de betteraves, s'est montrée favorable.

En somme, pendant cette période décennale, nos avoines ont été exposées à de nombreux accidents : deux années de sécheresse excessive, la verse, l'échaudage, l'envahissement des mauvaises herbes. Malgré tout cela, nous avons encore obtenu, sans engrais, une moyenne de près de *44* hectolitres de grains.

Dans les tableaux suivants nous avons récapitulé par parcelles les rendements obtenus chaque année et établi les moyennes qui serviront de base à nos conclusions.

Par le graphique de la page 93 nous avons rendu frappantes pour l'œil les différences de rendement qui ressortent de nos expériences.

Au-dessus de la ligne AA les rectangles couverts de hachures qui correspondent à chaque fumure sont proportionnels aux *excédents* de grains obtenus. Au-dessous de la même ligne, les rectangles en blanc représentent les excédents de paille.

Avoine.

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	ANNÉES.	RENDEMENTS A L'HECTARE. Grain.	RENDEMENTS A L'HECTARE. Paille.	EXCÉDENTS DE RÉCOLTE. Grain.	EXCÉDENTS DE RÉCOLTE. Paille.
			quint. m.	quint. m.	quint. m.	quint. m.
I.	Fumure mixte. .	1886 D.	27,5	49,5	0,5	6,5
		1887 B.	24,5	30,0	2,5	4,5
		1888 A.	25,0	43,5	7,5	3,5
		1889 D.	30,0	48,5	2,5	7,5
		1890 B.	33,5	51,5	4,5	19,5
		1891 C.	32,0	48,0	5,5	18,5
		1892 D.	15,0	15,0	4,0	2,5
		1893 A.	22,5	16,5	8,5	8,5
		1894 C.	32,0	41,0	9,5	15,0
		Moyennes.	26,9	38,16	5,0	9,5
II.	Fumier seul. . .	1886 D.	27,0	46,5	0,0	3,5
		1887 B.	24,0	26,5	2,0	1,0
		1888 A.	20,5	40,5	3,0	0,5
		1889 D.	28,0	45,0	0,5	4,0
		1890 B.	33,0	38,5	4,0	6,5
		1891 C.	31,5	47,5	5,0	18,0
		1892 D.	14,0	14,5	3,0	2,0
		1893 A.	20,0	12,65	6,0	4,6
		1894 C.	31,0	39,0	8,5	13,0
		Moyennes.	25,44	34,5	3,55	5,9
III.	Engrais complet au *phosphate* des Ardennes. . .	1886 D.	32,0	52,0	5,0	9,0
		1887 B.	23,0	26,5	1,0	1,0
		1888 A.	24,5	43,0	7,0	3,0
		1889 D.	23,75	48,25	— 3,75	7,25
		1890 B.	27,50	48,0	— 1,5	16,0
		1891 C.	27,5	42,5	1,0	12,5
		1892 D.	13,5	14,0	2,5	1,5
		1893 A.	17,0	11,0	3,0	3,0
		1894 C.	29,0	40,0	6,5	14,0
		Moyennes.	24,2	36,1	2,3	7,46

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	ANNÉES.	RENDEMENTS À L'HECTARE.		EXCÉDENTS DE RÉCOLTE.	
			Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
			quint. m.	quint. m.	quint. m	quint. m.
IV.	Engrais complet au *superphosphate*	1886 D.	36,0	57,0	9,0	14,0
		1887 B.	27,5	38,5	5,5	13,0
		1888 A.	24,5	41,5	7,0	1,5
		1889 D.	27,5	60,0	0,0	19,0
		1890 B.	24,0	67,0	—5,0	35,0
		1891 C.	32,5	57,5	6,0	28,0
		1892 D.	15,0	15,0	4,0	2,5
		1893 A.	20,0	12,5	6,0	4,5
		1894 C.	31,0	40,0	8,5	14.0
		Moyennes.	26,4	43,2	4,55	14,55
VI.	Engrais sans *potasse*	1886 D.	33,5	53,5	6,5	10,5
		1887 B.	26,5	37,5	4,5	12,0
		1888 A.	23,0	45,0	5,5	5,0
		1889 D.	25,0	58,5	—2,5	17.5
		1890 B.	23,0	62,0	—6,0	30,0
		1891 C.	33,0	52,5	6,5	23,0
		1892 D.	14,5	15,0	3,5	2,5
		1893 A.	17,5	12,25	3,5	4,25
		1894 C.	30,0	39,0	7,5	13,00
		Moyennes.	25,1	41,7	3,2	13,08
VII.	Engrais complet sans *plâtre*. .	1886 D.	35,0	57,5	8,0	14,5
		1887 B.	27,5	38,0	5,5	12,5
		1888 A.	23,0	45,0	5,5	5,0
		1889 D.	25,0	57,5	—2,5	16,5
		1890 B.	30,5	60,0	1,5	28,0
		1891 C.	34,0	51,5	7,5	22.0
		1892 D.	15,0	15,0	4,0	2,5
		1893 A.	21,0	14,25	7,0	6,25
		1894 C.	32,0	30,0	9,5	4,0
		Moyennes.	27,0	40,97	5,1	12,36
IV.	. . . .	—	26,4	43,2	4,55	14,55
$\frac{IV + VII}{2}$	. . . .	—	26,7	42,08	4,82	13,45

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	ANNÉES.	RENDEMENTS A L'HECTARE.		EXCÉDENTS DE RÉCOLTE.	
			Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
			quint. m.	quint. m.	quint. m.	quint. m.
VIII.	Engrais sans *acide phosphorique* .	1886 D.	31,5	53,5	4,5	10,5
		1887 B.	21,0	32,0	— 1,0	6,5
		1888 A.	23,5	43,0	6,0	3,0
		1889 D.	22,5	44,0	— 5,0	3,0
		1890 B.	26,5	50,5	— 2,5	18,5
		1891 C.	26,0	33,5	— 0,5	4,0
		1892 D.	13,5	14,0	2,5	1,5
		1893 A.	17,5	11,5	3,5	3,5
		1894 C.	32,0	30,0	9,5	4,0
		Moyennes.	23,77	34,66	1,9	6,0
IX.	Engrais sans *azote*	1886 D.	29,5	46,5	2,5	3,5
		1887 B.	20,5	27,0	— 1,5	1,5
		1888 A.	18,0	46,0	0,5	6,0
		1889 D.	30,5	46,5	3,0	5,5
		1890 B.	30,5	40.5	1,5	8,5
		1891 C.	33,5	47,5	7,0	18,0
		1892 D.	10,0	11,0	— 1,0	— 1,5
		1893 A.	18,0	11,0	4,0	3,0
		1894 C.	25.0	30,0	2,5	4,0
		Moyennes.	23,9	34,0	2,0	5,27
V.	Sans engrais. . .	1886 D.	27,0	43,0	»	»
		1887 B.	22,0	25,5	»	»
		1888 A.	17,5	40,0	»	»
		1889 D.	27,5	41,0	»	»
		1890 B.	29.0	32,0	»	»
		1891 C.	26,5	29,5	»	»
		1892 D.	11,0	12,5	»	»
		1893 A.	14,0	8.0	»	»
		1894 C.	22,5	26,0	»	»
		Moyennes.	21,88	28,6	»	»

Récapitulation.

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	RENDEMENTS A L'HECTARE.		EXCÉDENTS DE RÉCOLTE.	
		Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
		quint. m.	quint. m.	quint. m.	quint. m.
I.	Fumure mixte.	26,9	38,16	5,0	9,5
II.	Fumier seul.	25,44	34,5	3,55	5,9
III.	Engrais complet (phosphate) .	24,2	36,1	2,3	7,46
IV.	Engrais complet (superphosphate).	26,4	43,2	4,55	14,55
V.	Sans engrais	21,88	28,6	»	»
VI.	Engrais sans potasse	25,1	41,7	3,2	13,08
VII.	Engrais complet sans plâtre .	27,0	40,97	5,1	12,36
VIII.	Engrais sans acide phosphorique.	3,77	34,66	1,9	6,0
IX.	Engrais sans azote	23,9	34,0	2,0	5,27
$\frac{IV + VII}{2}$	Moyenne engrais complet (superphosphate)	26,7	42,08	4,82	13,45

Conclusions.

De la récapitulation de la moyenne des rendements que nous ont donnés nos neuf récoltes d'avoine, nous pouvons tirer les conclusions qui suivent, rendues frappantes par le graphique de la page 93.

1° Le limon de Cloches cultivé pendant dix années successives sans engrais, en assolement, a pu donner en moyenne 21^{qm},88 de grain, correspondant à 43^{hl},96 réglés à 50 kilogr. et 28^{qm},6 de paille.

Le rendement a varié de 11 quintaux de grain et 12 quintaux 1/2 de paille en 1892, année à printemps très sec, à 29 quintaux de grain avec 32 quintaux de paille, en 1890, année très favorable. En 1886 le rendement en paille s'était élevé à 43 quintaux. L'influence des saisons et surtout de la sécheresse du printemps s'est donc montrée énorme sur la production du sol.

Si l'on admet, d'après les expériences que nous avons rapportées

dans *les Céréales,* que chaque quintal d'avoine, avec la paille et les racines correspondantes, a dû puiser dans le sol :

Azote	5kg,0
Acide phosphorique.	3 ,1
Potasse	5 ,1

l'avoine grise de Houdan que nous avons cultivée régulièrement a pu en moyenne absorber dans notre sol sans engrais :

Azote.	109 kilogr.
Acide phosphorique	68 —
Potasse	111 —

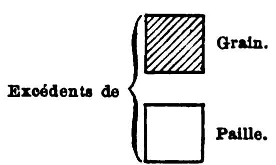
Ces quantités sont beaucoup plus élevées que celles dont le blé

Avoine.

Quint. — Fumure mixte. — Fumier seul. — Engrais complet au phosphate. — Engrais complet au superphosphate. — Sans potasse. — Sans acide phosphorique. — Sans azote.

6 5 4 3 2 1 A 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

I II III IV-VII/2 VI VIII IX A



a pu s'emparer dans le même terrain, cultivé sans engrais. Cette différence trouve son explication dans l'aptitude beaucoup plus grande que possède l'avoine, grâce à son puissant développement radiculaire, à tirer parti des ressources alimentaires du sol.

Nous avons trouvé en effet que le poids des racines sèches d'un hectare de blé d'hiver susceptible de rendre 32 quintaux de grain atteignait 1 525 kilogr., soit 48 kilogr. par quintal récolté, tandis qu'un hectare d'avoine rendant 25 quintaux en possédait 3 800 kilogr. ou 125 kilogr. par quintal. D'après cela, nous pouvons estimer approximativement que la récolte moyenne en blé du sol sans engrais possédait 520 kilogr. de racines sèches, tandis que celle d'avoine en avait 3 200 kilogr. Mais d'un autre côté l'avoine n'occupe le terrain que pendant un temps plus court, égal environ aux 4/9 de celui qui correspond à la végétation du blé, de sorte que les puissances absorbantes relatives ont été environ dans le rapport de 520 à 1 400. Il n'y a donc rien de surprenant à ce que l'avoine ait pu tirer du même sol près du double d'éléments nutritifs.

Dans les circonstances les plus favorables, cette absorption a pu atteindre 145 kilogr. d'azote, 90 kilogr. d'acide phosphorique et 148 kilogr. de potasse.

En considérant la parcelle VI, maintenue à l'abstinence d'engrais potassique, mais toujours bien pourvue d'azote et d'acide phosphorique, nous constatons qu'en moyenne l'avoine a pu y tirer du sol 128 kilogr. de potasse.

Sur la parcelle VIII, privée d'acide phosphorique seulement, l'absorption moyenne de ce dernier élément a pu atteindre encore 74 kilogr.

Enfin sur la parcelle IX, privée d'engrais azoté, mais bien pourvue d'engrais minéraux, la plante a pu absorber moyennement 119 kilogr. d'azote ;

2° Par l'emploi d'un engrais complet à base de superphosphate, nous avons vu le rendement moyen de l'avoine passer de 21^{qm},88 de grain avec 28^{qm},6 de paille à 26^{qm},7 de grain et 42 quintaux de paille. L'excédent de récolte atteint 4^{qm},82 du premier et 13^{qm},45 de la seconde. Ces accroissements correspondent, en prenant comme

terme de comparaison le rendement du sol sans engrais, à 22 p. 100 de grain et 47 p. 100 de paille ;

3° En remplaçant dans l'engrais complet le superphosphate par le phosphate des Ardennes, le rendement en grain a baissé de $26^{qm},7$ à $24^{qm},2$ et la production de la paille tombe de $42^{qm},6$ à $36^{qm},5$; de sorte que, tandis que le superphosphate nous procure des excédents de $4^{qm},82$ de grain et $13^{qm},45$ de paille, le phosphate ne nous donne plus que $2^{qm},3$ et $7^{qm},46$ respectivement.

La forme de l'acide phosphorique employé a donc fait baisser l'excédent de récolte de 52.3 p. 100 pour le grain et de 45.5 p. 100 de paille.

L'efficacité de l'acide phosphorique insoluble du phosphate des Ardennes, par rapport à celle de l'acide phosphorique soluble à l'eau et au citrate, est donc sensiblement inférieure. L'engrais complet au phosphate n'a augmenté la récolte du sol sans engrais que de 10.5 p. 100 de grain et de 26 p. 100 de paille. Un kilogramme d'acide phosphorique insoluble n'a donc pas produit plus d'effet que $0^{gr},477$ d'acide phosphorique soluble pour la production de grain et que $0^{kg},552$ pour celle de la paille ;

4° Si l'on compare les parcelles IV et VII, à engrais complet, qui ne diffèrent sous le rapport de la fumure qu'en ce que la dernière n'a pas reçu d'addition de plâtre, on constate pour le grain une faible différence en plus, et pour la paille une différence en moins de la seconde vis-à-vis de la première. L'addition du plâtre au mélange de superphosphate, nitrate et chlorure de potassium, n'a donc pas eu un effet pratiquement utile ;

5° L'influence de la potasse sur le rendement a été faible, quoique réelle pour le grain. Mais dans l'ensemble l'accroissement de récolte n'est pas rémunérateur ; il n'est que de 7 p. 100 pour le grain et il est nul pour la paille ;

6° L'azote s'est montré plus efficace, sa suppression a fait tomber le rendement de $2^{qm},82$ de grain et de $8^{qm},18$ de paille. L'azote a donc accru la récolte, par rapport au sol sans engrais, de 13 p. 100 de grain et de 28.6 p. 100 de paille. L'action de cet élément fertilisant se fait beaucoup plus sentir sur la paille que sur le grain ;

7° La suppression de l'acide phosphorique dans la fumure a eu aussi des effets bien marqués. L'excédent de récolte a faibli de $2^{qm},92$ pour le grain et de $7^{qm},45$ pour la paille. L'influence de cet élément fertilisant a donc élevé le rendement, relativement au sol sans engrais, de 13.3 p. 100 pour le grain et de 20.7 p. 100 pour la paille ;

8° En admettant que l'action de l'engrais complet employé dans nos expériences soit égale à 100, nous pouvons la répartir, pour chacun des composants, proportionnellement à leur efficacité séparée, telle qu'elle ressort des constatations précédentes :

FUMURE.	GRAIN.	PAILLE.
Acide phosphorique.	39.94	42
Potasse	21.02	0
Azote	39.04	58
Total	100.00	100

9° Les reliquats des fumures antérieures au fumier de ferme ont une action bien marquée sur la production de l'avoine. La parcelle n° II, qui a reçu 30 000 kilogr. de fumier tous les trois ans, nous donne en effet un excédent de récolte de $3^{qm},55$ de grain et de $5^{qm},90$ de paille. Mais l'action directe du fumier sur l'avoine, quand la fumure est enterrée immédiatement avant le semis, est peu importante. C'est ce qui ressort des récoltes données par les parcelles II et I, en 1886, sur fumure directe. Les excédents de grain ont été nuls ou à peu près, et il n'y a qu'un excédent de paille moyen.

L'avoine a largement profité de la fumure mixte, c'est-à-dire de l'ancienne fumure au fumier, complétée avant le semis par un peu de nitrate et de superphosphate. C'est en effet cette combinaison qui a donné régulièrement les rendements les meilleurs. Cela s'accorde assez bien avec la connaissance que nous avons des besoins de l'avoine ;

10° Nous avons fait deux récoltes d'avoine après défrichement de luzerne de deux ans : la première, en 1889, a été fortement contrariée par la verse qui a compromis le rendement en grain dans plusieurs parcelles ; la seconde, en 1891, a été satisfaisante.

Nous donnons dans le tableau suivant le relevé pour chaque fumure des excédents de grain et de paille obtenus :

Avoine sur luzerne.

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	1889 VERSÉ.		1891.		MOYENNES.	
		Grain.	Paille.	Grain.	Paille.	Grain.	Paille.
		q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.
I.	Fumure mixte. .	2,5	7,5	5,5	18,5	4,0	13,0
II.	Fumier seul . .	0,5	4,0	5,0	18,0	2,7	11,0
III.	Engrais complet, phosphate . .	— 3,75	7,25	1,0	12,5	— 1,37	+9,87
IV.	Engrais complet, superphosphate.	0,0	19,0	6,0	28,0	3,0	23,5
VI.	Sans potasse . .	— 2,6	17,5	6,5	23,0	2,0	20,0
VII.	Complet sans plâtre	— 2,5	16,5	7,5	22,0	2,5	19,2
VIII.	Sans acide phosphorique. . .	— 5,0	3,0	— 0,5	4,0	— 2,7	+3,5
IX.	Sans azote. . .	3,0	5,5	7,0	18,0	5,0	11,7

Il ressort de la comparaison des résultats que les meilleurs rendements en grain ont été toujours obtenus sur la parcelle simplement fumée à l'engrais minéral, sans azote, puis sur la parcelle à fumure mixte (reliquat de fumure antérieure au fumier et superphosphate).

Avec l'engrais complet le rendement en paille a été plus fort, mais au détriment du rendement en grain.

Enfin, si la suppression de la potasse a été peu sensible, quoique l'abaissement du rendement ait été réel, celle de l'acide phosphorique a produit un effet désastreux sur la production du grain et même de la paille.

Il ressort clairement de ces essais qu'après défrichement des prairies artificielles, l'avoine a uniquement besoin d'acide phosphorique et de potasse.

III. — Orge.

Nous n'avons cultivé l'orge que la première année de nos expériences sur les deux soles B et C. Deux variétés ont été semées : l'orge Chevalier et l'orge commune dite de Saumur.

Nous résumons dans le tableau suivant les excédents obtenus :

NUMÉROS des PAR-CELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	EXCÉDENTS DE GRAIN.			EXCÉDENTS DE PAILLE.		
		Orge Chevalier.	Orge de Saumur.	Moyen.	Orge Chevalier.	Orge de Saumur.	Moyen.
		q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.
I.	Demi-fumure directe.	2,5	2,0	2 1/4	10,0	3,0	6 1/2
II.	Grosse fumure directe.	2,0	4,5	3 1/4	9,5	4,0	6 3/4
III.	Complet phosphate. .	2,5	7,0	4 3/4	13,0	10,0	11 1/2
IV.	Complet superphosphate.	3,0	8,0	5 1/2	16,5	8,0	12 1/4
VI.	Sans potasse. . . .	2,5	7,5	5 0	11,5	9,5	10 5
VII.	Complet sans plâtre.	3,5	7,0	5 1/4	18,0	9,0	13 5
VIII.	Sans acide phosphorique.	1,0	5,5	3 1/4	12,5	10,0	11 1/4
IX.	Sans azote.	3,0	3,5	3 1/4	9,5	4,0	6 3/4

Conclusions.

1° *Valeur relative des deux variétés.* — A Cloches, l'orge de Saumur a montré une réelle supériorité. Cela est assez général en Beauce d'après nos autres expériences. L'orge de Saumur a rendu en moyenne 37qm,5 de grain et 49qm,3 de paille. Elle n'a pas versé comme l'autre variété qui, par suite de cette circonstance, a donné un peu plus de paille, chose peu importante, mais beaucoup moins de grain. La différence atteint presque 5 quintaux par hectare.

Les véritables aptitudes productives des deux variétés ressortiront

surtout en comparant les rendements en grain donnés par l'ensemble des parcelles à engrais complet :

Orge de Saumur	39^{qm},1/3
Orge Chevalier	34 ,0
Excédent en faveur de l'orge de Saumur . . .	5 ,1/3

2° Comme dans une expérience de Lucé[1], les parcelles qui ont reçu comme unique fumure du fumier de ferme enfoui au printemps, ont donné une faible augmentation de récolte. L'excédent moyen n'est que 2^{qm},75. Le fumier n'a pas été inutile à la végétation, mais on ne saurait guère conseiller de l'employer dans ces conditions. La végétation est de trop courte durée pour qu'il puisse avoir le temps de se décomposer et de se transformer en principes assimilables ;

3° En comparant les excédents obtenus dans les parcelles à engrais complet à celui que nous ont donné les parcelles à engrais phosphaté potassique (IV et VII comparées à IX), on reconnaît que l'azote a donné un excédent de 5^{qm},15 de grain avec 6^{qm},15 de paille.

Ces différences importantes dénotent une efficacité très réelle. La potasse et l'acide phosphorique employés sans azote n'ont en réalité produit qu'un résultat presque nul ;

4° L'acide phosphorique a eu une influence favorable sur la production du grain. La potasse a seulement influencé le produit en paille. Enfin il n'y a pas de déduction à tirer de ces essais sur l'efficacité relative de l'acide phosphorique soluble ou insoluble ;

5° L'emploi du plâtre comme addition à l'engrais complet n'a produit aucun effet utile.

IV. — Prairie artificielle.

Notre première récolte de luzerne remonte à 1887. Elle succédait à une avoine. La sécheresse extraordinaire de l'été a presque annihilé la seconde coupe ; sur la même sole, la seconde récolte a été

1. Champ d'expériences de Lucé, *in* Rapport sur le champ d'expériences et de démonstration d'Eure-et-Loir, 1886-1887.

normale en 1888. La minette et la prairie artificielle de luzerne et sainfoin ont donné, en 1889, des récoltes très satisfaisantes.

En 1890, deuxième année de culture de la prairie précédente, M. Oscar Benoist a constaté une assez grande différence de composition dans le foin des diverses parcelles. Les lots qui avaient reçu à l'origine des superphosphates ou une forte fumure, c'est-à-dire les numéros II, IV, VI, VII et IX, étaient remplis de graminées vigoureuses et peu nutritives, le contraire se remarquait dans la parcelle III qui avait reçu du phosphate.

Pour 1891, nous avions semé de la luzerne dans la sole B, portant de l'avoine en 1890. Mais celle-ci est devenue si forte qu'elle a versé dans beaucoup de parcelles et que la luzerne s'est trouvée trop faible pour résister aux atteintes du terrible hiver de 1890-1891. Le sol était si mal garni de plantes au printemps que nous nous sommes décidés à le retourner le 22 mai pour recommencer le semis. Ce réensemencement tardif ne permit guère le développement de la luzerne cette année et explique la faiblesse des rendements consignés dans le tableau général. La moutarde des champs a poussé un peu partout, mais elle devint surtout abondante dans les parcelles fumées au superphosphate. Cette mauvaise herbe entre pour beaucoup dans le poids du fourrage récolté. La seconde coupe a été insignifiante et n'entre pas dans le compte des rendements rapportés.

En 1892 la luzerne précédente, en deuxième année, a énormément souffert de la sécheresse.

En 1893 la sole B aurait dû porter de la luzerne, mais elle avait tant souffert en 1892 qu'il a fallu la défricher en avril 1893. On la remplaça par du moutardon qui, à cause de la sécheresse, ne devint pas fauchable.

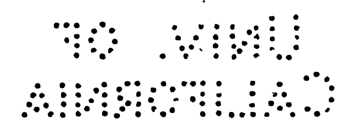
Pour 1894, la sole A portait de la luzerne semée dans l'avoine en 1893. A cause de la sécheresse mémorable de l'époque, la levée fut si mauvaise qu'aussitôt l'avoine enlevée, au mois d'août, on ressema sur le terrain du sainfoin, à l'aide du semoir en lignes, à 30 centimètres d'écartement. Au printemps de 1894, M. Benoist pensa que, bien qu'ils fussent chétifs, il y avait assez de plants pour donner une récolte passable en deuxième coupe ou au moins en 1895. Ces prévi-

sions ont été déçues pour 1894 et, l'année suivante, la récolte a été passable, vu les circonstances antérieures.

Nous avons réuni dans les tableaux ci-après les rendements que nous ont fournis les huit récoltes effectives de chaque parcelle, et établi le graphique de la page 105 pour représenter l'influence des engrais sur la production du foin.

Prairie artificielle.

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	ANNÉES.	RENDEMENTS à L'HECTARE.	EXCÉDENTS.
			quint. mét.	quint. mét.
I.	Fumure mixte	1887 D.	60,0	7,5
		1888 D.	50,0	11,5
		1889 A.	49,5	1,0
		1889 C.	80,5	23,0
		1890 C.	70,0	33,0
		1891 B.	15,0	5,0
		1892 B.	14,5	5,8
		1895 A.	35,0	20,0
		Moyennes.	46,8	13,35
II.	Fumier seul	1887 D.	63,5	11,0
		1888 D.	59,0	20,5
		1889 A.	50,0	1,5
		1889 C.	87,0	29,5
		1890 C.	84,0	41,0
		1891 B.	17,5	7,5
		1892 B.	12,5	3,8
		1895 A.	38,0	23,0
		Moyennes.	51,4	17,2
III.	Engrais complet (*phosphate*).	1887 D.	63,5	11,0
		1888 D.	46,5	8,0
		1889 A.	44,5	— 4,0
		1889 C.	78,0	20,5
		1890 C.	69,0	26,0
		1891 B.	14,0	6,0
		1892 B.	10,7	2,0
		1895 A.	29,0	14,0
		Moyennes.	44,4	10,4



NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	ANNÉES.	RENDEMENTS à L'HECTARE.	EXCÉDENTS.
			quint. mét.	quint. mét.
IV.	Engrais complet (*superphosphate*)	1887 D.	69,0	16,5
		1888 D.	57,5	19,0
		1889 A.	51,0	1,5
		1889 C.	78,0	20,5
		1890 C.	73,5	30,5
		1891 B.	16,0	6,0
		1892 B.	20,5	11,8
		1895 A.	32,0	17,0
		Moyennes. .	49,7	15,25
VI.	Engrais sans *potasse*. . . .	1887 D.	64,5	12,0
		1888 D.	54,5	16,0
		1889 A.	57,0	8,5
		1889 C.	70,5	13,0
		1890 C.	53,75	10,75
		1891 B.	15,0	5,0
		1892 B.	22,0	13,3
		1895 A.	31,0	16,0
		Moyennes. .	46,0	11,8
VII.	Engrais complet sans *plâtre*.	1887 D.	69,0	16,5
		1888 D.	56,0	17,5
		1889 A.	58,5	10,0
		1889 C.	75,5	18,0
		1890 C.	57,0	14,0
		1891 B.	16,0	6,0
		1892 B.	22,5	13,8
		1895 A.	31,5	16,5
		Moyennes. .	48,2	13,66
IV.	. . . .	—	49,7	15,25
(IV + VII.) / 2	. . . .	—	48,9	14,45
VIII.	Engrais sans *acide phosphorique*.	1887 D.	54,0	1,5
		1888 D.	48,5	10,0
		1889 A.	43,5	— 5,0
		1889 C.	53,0	— 4,5
		1890 C.	37,5	— 5,5
		1891 B.	10,0	»
		1892 B.	8,4	— 0,3
		1895 A.	14,5	— 0,5
		Moyennes. .	33,67	— 0,5

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	ANNÉES.	RENDEMENTS à L'HECTARE.	EXCÉDENTS.
			quint. mét.	quint. mét.
IX.	Engrais sans *azote*	1887 D.	73,0	20,5
		1888 D.	54,5	16,0
		1889 A.	64,5	16,0
		1889 C.	80,5	23,0
		1890 C.	61,5	18,5
		1891 B.	15,0	5,0
		1892 B.	16,0	7,3
		1895 A.	31,0	16,0
		Moyennes. .	49,5	15,3
V.	Sans engrais.	1887 D.	52,5	»
		1888 D.	38,5	»
		1889 A.	48,5	»
		1889 C.	57,5	»
		1890 C.	43,0	»
		1891 B.	10,0	»
		1892 B.	8,7	»
		1895 A.	15,0	»
		Moyennes. .	34,2	»

Récapitulation.

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	RENDEMENTS à L'HECTARE.	EXCÉDENTS.
I.	Fumure mixte.	46,8	13,35
II.	Fumier seul	51,4	17,2
III.	Engrais complet (phosphate).	44,4	10,4
IV.	Engrais complet (superphosphate).	49,7	15,25
V.	Sans engrais	34,2	»
VI.	Engrais sans potasse.	46,0	11,8
VII.	Engrais complet (sans plâtre).	48,2	13,66
VIII.	Engrais sans acide phosphorique	33,67	— 0,5
IX.	Engrais sans azote.	49,5	15,3
(IV + VII) / 2	. . . .	48,9	14,45
(IV+VII+IX) / 3	. . . .	49,1	14,73

Conclusions.

De l'examen de l'ensemble des rendements que nous ont fournis nos huit récoltes de prairie artificielle nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Le limon de Cloches, sans aucun engrais, a donné en moyenne $34^{qm},2$ de foin sec.

Si l'on admet que le quintal de foin renferme :

Azote.	$3^{kg},0$
Acide phosphorique.	0 ,74
Potasse.	1 ,34

comme cela ressort de l'analyse d'un foin de luzerne de Cloches[1], on voit que, sans tenir compte du système radiculaire et du chaume, la plante a pu absorber au moins 102 kilogr. d'azote et tirer du sol 25 kilogr. d'acide phosphorique avec 46 kilogr. de potasse.

La plus belle récolte ayant atteint, sans engrais, $57^{qm},5$ dans les conditions les plus favorables, la prairie a donc pu absorber 172 kilogr. d'azote et puiser dans la terre 43 kilogr. d'acide phosphorique et 77 kilogr. de potasse.

En considérant la parcelle VI, cultivée constamment sans potasse, mais bien pourvue d'acide phosphorique, on arrive à une absorption de potasse de 62 kilogr. comme maximum moyen.

La parcelle VIII, privée d'engrais phosphaté, mais ayant régulièrement reçu de la potasse, nous donne une absorption moyenne de 25 kilogr.

Il est inutile de faire le même calcul pour l'azote que la légumineuse tire en partie de l'azote gazeux de l'atmosphère ;

2° L'excédent de récolte le plus élevé a été obtenu par l'emploi du fumier de ferme à la dose de 30 000 kilogr. tous les trois ans, fumure appliquée aux racines, et agissant sur la luzerne par ses reliquats. Quoique nous l'ayons déjà dit, il est très important de

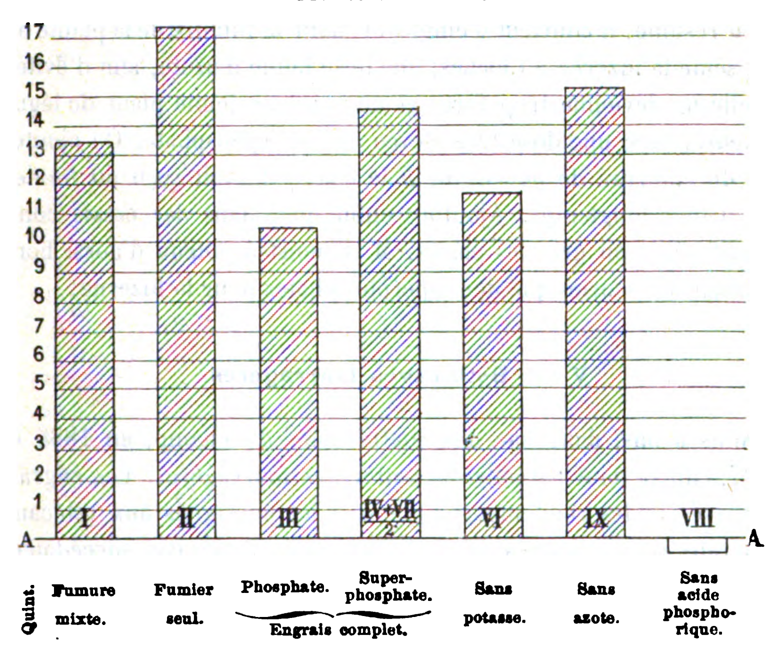
1. *Essais sur l'engraissement du mouton*, 1889-1890.

noter ici que le fumier de Cloches est d'une richesse en acide phosphorique tout à fait remarquable, aussi bien qu'en potasse et en azote.

Le fumier seul donne un excédent de. .	17qm,20
L'engrais complet azoté	14 ,45
L'engrais minéral sans azote	15 ,30

La légumineuse n'a pas manqué d'éléments minéraux dans la parcelle II, mais elle a eu en plus que dans les parcelles IV, VII

Prairie artificielle.



et IX des substances humiques, substances qui sont si favorables au développement des légumineuses, comme l'a reconnu M. Dehérain ;

3° Grâce à l'emploi d'une fumure minérale exclusive, on a obtenu un rendement égal sinon supérieur à celui fourni par l'engrais complet. L'azote ne semble donc pas devoir figurer dans la fumure de la luzerne ;

4° L'acide phosphorique et la potasse, au contraire, sont dans le

sol de Cloches des éléments indispensables à la culture de la prairie artificielle. En supprimant la potasse, en effet, nous voyons l'excédent tomber de près de 3 quintaux, et, en supprimant l'acide phosphorique, nous faisons disparaître toute augmentation de rendement ;

5° Le phosphate minéral a une efficacité moins grande sur la prairie artificielle que le superphosphate. Le remplacement du dernier par le premier fait baisser l'excédent de récolte de $4^{qm},3$. Si l'on admet que l'action de l'acide phosphorique soluble à l'eau et au citrate est égale à 100, celle de l'acide phosphorique insoluble n'est ici que de 70.

En résumé, il convient d'employer, pour la fumure de la plante où l'on sème la luzerne à Cloches, une dose faible d'azote, afin d'éviter qu'elle ne devienne trop forte et ne nuise au jeune plant de légumineuse, avec une dose très élevée de superphosphate. On ajouterait du chlorure de potassium si le champ n'avait reçu du fumier que depuis longtemps. Ajoutons enfin que, dans des essais comparatifs faits en grandes pièces, M. Benoist a obtenu d'aussi bons résultats des scories que des superphosphates pour la luzerne.

V. — Betteraves fourragères.

Nous avons, dans une des quatre soles du champ, en 1886 et 1887, cultivé neuf parcelles de betteraves fourragères. Les engrais employés et les rendements obtenus sont consignés aux tableaux généraux relatifs à ces années. En 1887, les betteraves succédaient à de l'orge.

L'examen sommaire des rendements fait reconnaître que l'année 1887 a été moins favorable à la production betteravière que la précédente. C'est l'effet de la sécheresse excessive de l'été. Par contre, les résultats de culture de 1887 sont, au point de vue des conclusions à tirer des expériences, plus nets que ceux de l'année précédente.

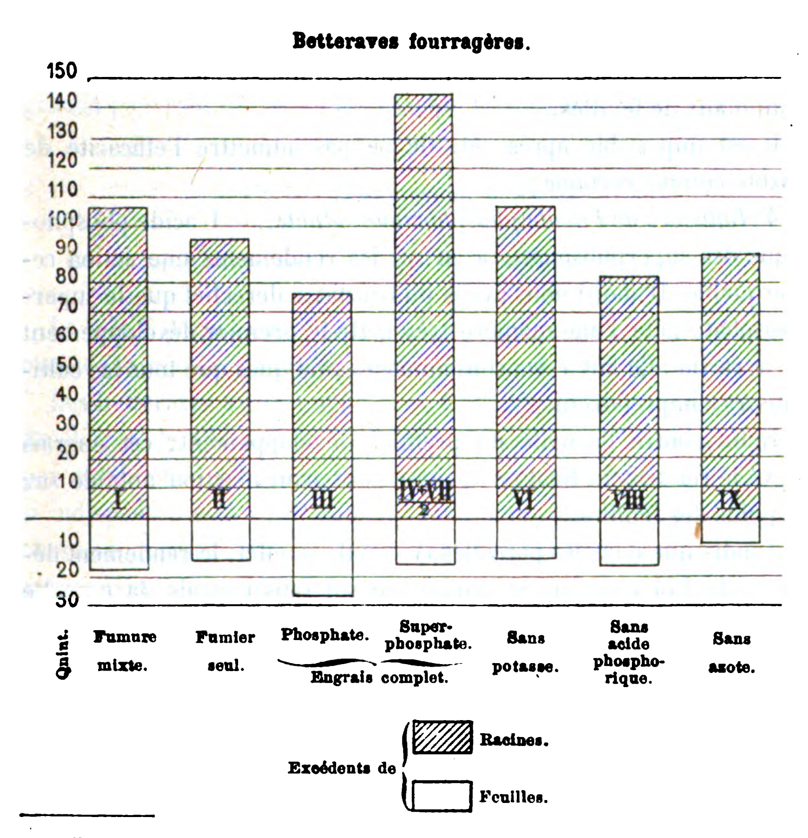
Pour tout ce qui va suivre, nous nous appuierons sur la moyenne des rendements des deux années.

1° Il résulte des faits plus haut constatés qu'on a obtenu en

moyenne les excédents suivants par rapport à la parcelle sans aucun engrais[1] :

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES.	EXCÉDENTS MOYENS. Racines.	Feuilles.	Totaux.
		quint.	quint.	quint.
I	Fumure ordinaire	106	18	124
II	Double fumure	95	13	108
III	Complet phosphate.	77	27	104
IV	Complet superphosphate. . . .	145	16	161
VI	Sans potasse	106	15	121
VII	Complet superphosphate. . . .	144	16	160
VIII	Sans acide phosphorique. . . .	82	16	98
IX	Sans azote	90	8	98

2° On n'a obtenu aucun avantage de doubler la fumure ordinaire de fumier de ferme ;



1. Voir le graphique ci-dessous.

3° *Influence de l'azote.* — Malgré la richesse foncière du sol en azote organique, le nitrate de soude, en apportant son azote éminemment assimilable, a eu l'effet le plus heureux sur le rendement.

Dans les parcelles IV et VII, fumées avec l'engrais complet, nous avons obtenu, en moyenne, un excédent de récolte s'élevant à :

Racines	144 quintaux métriques.
Feuilles	16 —

La parcelle IX, qui a reçu la même fumure *sauf l'azote*, n'a donné qu'un excédent de 90 quintaux de racines et 8 quintaux de feuilles.

Le nitrate de soude a donc eu pour effet d'accroître la récolte, par sa propre action fertilisante, de 64 quintaux de racines et de 8 quintaux de feuilles.

Il est impossible après cela de ne pas admettre l'efficacité de l'azote comme certaine ;

4° *Influence de l'acide phosphorique soluble.* — L'acide phosphorique des superphosphates a eu sur les rendements une action remarquable. D'abord nous avons pu constater derechef que le superphosphate hâte d'une manière très nette le premier développement de la racine. Ce fait a des conséquences pratiques que tous les cultivateurs comprendront.

Enfin, outre l'activité du premier développement, cet engrais élève le rendement final en racines, sans avoir d'action notable sur le poids des feuilles.

Tandis que dans les parcelles IV et VII, en effet, le rendement dépasse de 144 quintaux le produit du sol sans engrais, la parcelle n° VIII, à l'abstinence d'acide phosphorique, ne donne que 82 quintaux d'excédents. L'acide phosphorique soluble, à lui seul, a donc élevé la récolte de 62 quintaux.

Le rendement en feuilles dans les deux cas est resté le même.

Devant de pareilles différences nous sommes autorisés à conclure *que dans un sol qui ne dose pas plus de $0^{gr},5$ d'acide phosphorique par kilogramme de terre,* le superphosphate est d'un

emploi indispensable et avantageux dans la culture de la betterave ;

5° Les phosphates minéraux des Ardennes se sont montrés au contraire sans efficacité ;

6° La betterave est une plante très exigeante en potasse. L'analyse de notre terre nous faisait prévoir l'utilité d'employer le chlorure de potassium comme engrais.

L'expérience a confirmé nos prévisions. En effet, tandis que l'engrais complet nous faisait obtenir en moyenne 144 quintaux de racines en excédent, la suppression de la potasse fait tomber ce surcroît à 106 quintaux. En mettant le sol à l'abstinence de potasse, le rendement a baissé de 38 quintaux. Le produit en feuilles ne semble pas avoir été influencé.

L'influence de la potasse a été moins grande que celle de l'acide phosphorique, quoique très nette. C'est la conséquence de la moins grande pauvreté du sol en ce principe fertilisant.

VI. — Betteraves à sucre.

Action des engrais sur la betterave à sucre.

La sole C portait en 1892 des betteraves à sucre semées après une avoine, succédant elle-même à une luzerne de deux ans.

Les betteraves à sucre semées en 1892 appartenaient aux variétés Améliorée de Vilmorin et Klein Wansleben. Chaque parcelle reçut par moitié chacune des deux variétés. Grâce aux fréquents binages si indispensables à cette culture, elles n'ont pas souffert de la sécheresse et elles ont profité beaucoup des petites pluies qui sont survenues à partir de la mi-juillet.

On les avait semées le 27 avril en lignes espacées de 45 centimètres et, au moment du dépressage, on les laissa sur la ligne, assez rapprochées pour qu'il en restât douze au mètre carré.

La levée fut très bonne dans toutes les parcelles, mais, dès cette époque, les parcelles III, V et VIII, qui n'avaient pas reçu comme engrais d'acide phosphorique soluble, se mirent à bouder d'une façon déplorable.

Le 30 mai, au moment du dépressage des parcelles I, II, IV, VI, VII et VIII, on fut obligé de laisser de côté les parcelles III, V et IX, où les betteraves sortaient à peine de terre. Ce ne fut que le 15 juin que le dépressage put s'opérer, et toutefois les plantes étaient encore en ce moment bien petites pour subir cette opération.

La parcelle n° IX (engrais sans azote) est restée aussi belle que celles qui avaient reçu l'engrais complet, jusqu'au mois d'août, les feuilles demeurant toutefois moins vertes. Ce n'est qu'à partir de cette époque que les parcelles à engrais complet prirent le dessus.

La parcelle n° VIII, privée d'acide phosphorique, n'a jamais eu meilleure apparence que la parcelle n° V, à l'abstinence d'engrais depuis sept ans.

La parcelle n° III, fumée avec un engrais complet à base de phosphate naturel, a été pendant longtemps presque aussi mauvaise que les parcelles V (sans engrais) et VIII (sans acide phosphorique). Cependant, vers le mois d'août, elle a pris sur ces dernières une supériorité qui s'est accentuée jusqu'à la fin.

Les betteraves les plus racineuses ont été fournies par les parcelles où, l'acide phosphorique soluble faisant défaut, la végétation s'est trouvée la plus tardive.

Enfin, après l'arrachage, par un décolletage énergique et un lavage très soigné, on a fait les tares suivantes :

NUMÉROS des parcelles.	NATURE DE LA FUMURE.	POUR 100.
I	Petite fumure et engrais chimique. . . .	34
II	Forte fumure	34
III	Engrais complet au phosphate.	36
IV	Engrais complet au superphosphate . . .	34
V	Sans engrais	36
VI	Engrais sans potasse	35
VII	Engrais complet.	34
VIII	Engrais sans acide phosphorique	36
IX	Engrais sans azote	34

Cette tare élevée est la conséquence de l'humidité exceptionnelle qui régnait au moment de l'arrachage.

Cela posé, nous donnons, dans le tableau suivant, les rendements nets obtenus :

NUMÉROS des parcelles.	FORMULE des fumures par hectare.	RENDEMENTS NETS tare déduite.
		kilogr.
I	20 000 kilogr. de fumier, 45 kilogr. d'acide phosphorique soluble, 30 kilogr. d'azote nitrique.	33 660
II	40 000 kilogr. de fumier.	30 360
III	90 kilogr. d'acide phosphorique insoluble, 60 kilogr. d'azote nitrique, 200 kilogr. de plâtre, 50 kilogr. de potasse.	20 800
IV	90 kilogr. d'acide phosphorique soluble, 60 kilogr. d'azote nitrique, 200 kilogr. de plâtre, 50 kilogr. de potasse .	30 558
V	Sans engrais depuis 7 ans	11 968
VI	90 kilogr. d'acide phosphorique soluble, 60 kilogr. d'azote nitrique, 200 kilogr. de plâtre.	27 625
VII	90 kilogr. d'acide phosphorique soluble, 60 kilogr. d'azote nitrique, 50 kilogr. de potasse	29 700
VIII	60 kilogr. d'azote nitrique, 200 kilogr. de plâtre, 50 kilogr. de potasse	12 800
IX	90 kilogr. d'acide phosphorique soluble, 200 kilogr. de plâtre, 50 kilogr. de potasse	24 750

L'examen de ces rendements est plein d'intérêt au point de vue général et relativement à la question spéciale qui nous intéresse. Mais les conclusions à en tirer ressortent plus nettement si, au lieu de considérer les rendements totaux, on fixe son attention sur les excédents de récolte produits par les diverses fumures[1].

Ces excédents, que l'on obtient en retranchant du produit total le rendement de la parcelle sans engrais, sont consignés ci-dessous :

NUMÉROS des parcelles.	NATURE DE LA FUMURE.	EXCÉDENTS.	
I	1/2 fumier et engrais chimique	21 692	p. 100
II	Fumier seul	18 392	—
III	Engrais complet au phosphate	8 832	—
IV	— au superphosphate	18 590	—
VI	Engrais sans potasse.	15 657	—
VII	Engrais complet (sans plâtre)	17 732	—
VIII	Engrais sans acide phosphorique	832	—
IX	Engrais sans azote	12 782	—
	Moyenne IV et VII	18 161	—

On remarque, en premier lieu, qu'il est préférable d'employer une fumure moyenne de 20 000 kilogr. de bon fumier, avec un

1. Voir le graphique de la page 113.

complément d'engrais chimiques appropriés au besoins du sol et de la plante, plutôt que de recourir à une dose énorme de 40 000 kilogr. du même fumier. C'est avec la fumure mixte que l'on a obtenu le rendement le plus élevé.

Le fumier seul, à haute dose, ne s'est pas montré supérieur à l'engrais chimique complet. Les excédents ne diffèrent pas sensiblement. Avec la fumure mixte, la récolte passe de 1 à 2,8 ; avec la grosse fumure ou l'engrais chimique, elle s'élève de 1 à 2,57.

Voyons maintenant à faire ressortir l'action spécifique de chaque élément fertilisant sur la production de la plante saccharigène : l'azote, la potasse et l'acide phosphorique.

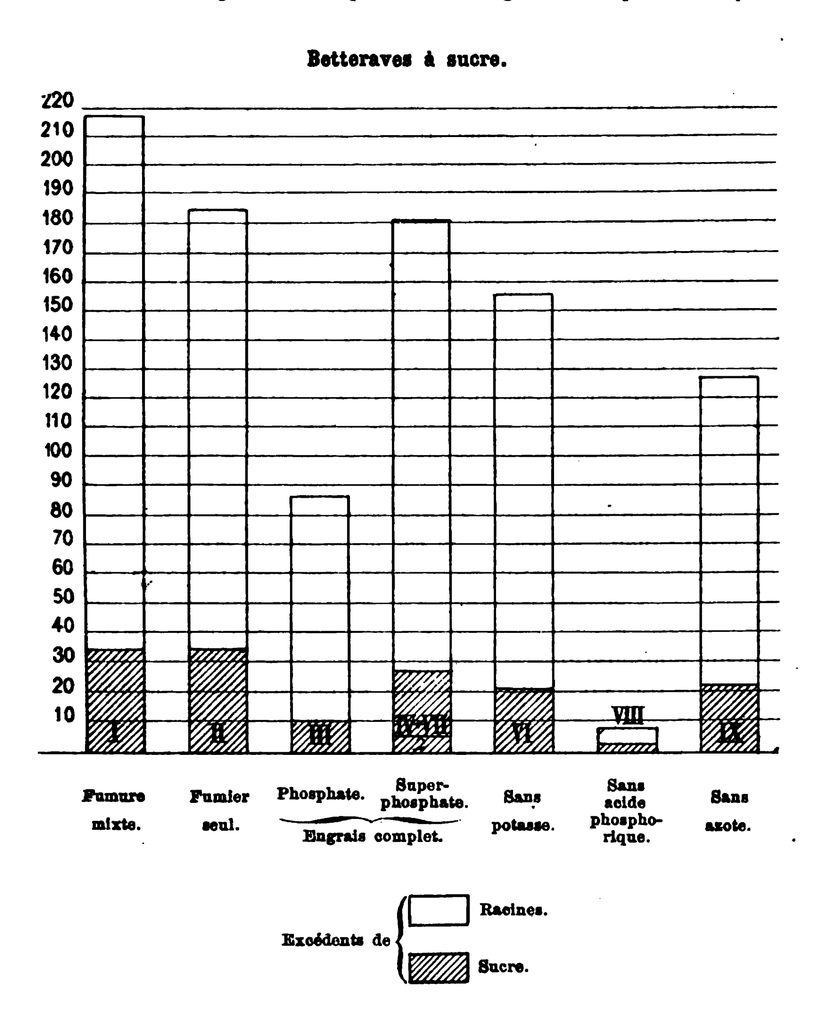
La potasse est très abondante dans la betterave. Une ancienne école l'avait, en conséquence, baptisée du joli nom de *dominante,* indiquant par là que c'était l'élément le plus efficace pour augmenter le rendement de la plante. Sa suppression dans la parcelle n° VI a fait tomber l'excédent de rendement de 18 590 kilogr. (engrais complet) à 15 657 kilogr. La différence en moins est de 2 933. Cette quantité est assez forte pour qu'il ne soit pas possible de l'attribuer aux erreurs inévitables dans toute expérience de culture. Il n'est donc pas douteux que, dans notre limon, il n'y ait utilité à recourir aux engrais potassiques : chlorure de potassium, ou mieux sulfate de potasse. Le premier de ces sels, en effet, a l'inconvénient assez grave de s'accumuler en nature dans la racine et de nuire ultérieurement à l'extraction du sucre, inconvénient que ne possède pas le second. Il est enfin recommandable d'employer les sels de potasse à l'automne, de façon à ce qu'ils aient le temps, avant les semis, d'être décomposés et transformés dans le sol en carbonate.

Si l'addition de sels potassiques est utile dans notre sol privé de fumier depuis longtemps, elle ne l'est plus quand nous faisons intervenir le fumier, même à dose modérée : ce qui se conçoit fort bien, car le fumier de Cloches est riche en potasse. Nous y avons trouvé, par l'analyse :

Azote	0.5 p. 100
Acide phosphorique.	0.5 —
Potasse	0.6 —

dans l'état de décomposition avancé où il est incorporé au sol.

L'azote est un agent plus efficace encore que la potasse sur le rendement de la betterave. Tandis que nous obtenions un excédent de récolte de 18590 kilogr. dans la parcelle à engrais complet (n° IV) et de 17 732 kilogr. dans la parcelle à engrais complet sans plâtre



(n° VII), nous voyons, en IX, avec l'engrais sans azote, l'excédent de rendement tomber à 12 782 kilogr. La suppression de l'azote a fait baisser le rendement de 5 379 kilogr. Or, nous cultivons un sol d'une richesse en azote dépassant la moyenne ; il renferme, en effet, $1^{gr},3$

d'azote par kilogramme. D'où il suit que cette dépression énorme de rendement occasionnée par la diète d'azote, dans de telles conditions, est une preuve irréfragable de l'influence remarquable de cet élément de fertilité.

Mais c'est l'acide phosphorique qui, dans notre terrain, a l'influence la plus manifeste et la plus décisive sur le rendement, à la condition qu'on le fournisse au sol à l'état soluble dans l'eau et le citrate d'ammoniaque alcalin et froid.

En effet, la parcelle VIII, privée d'acide phosphorique, mais recevant régulièrement l'azote et la potasse dans la même proportion que les autres, donne un excédent qui ne dépasse pas 832 kilogr. et qui est inférieur de plus de 17 000 kilogr. au rendement du même sol fumé avec l'engrais complet. Dans notre champ de Cloches, qui ne contient que 0.05 d'acide phosphorique pour 100 de terre normale, c'est-à-dire une dose qui n'égale que la moitié de celle reconnue comme moyenne, il est incontestable que c'est cet élément fertilisant qui *domine* d'une manière absolue le rendement de la betterave à sucre. Il a une influence absolument remarquable sur le premier développement de la racine qui nous occupe, et chacun sait que de la levée et de la première végétation dépend en grande partie la récolte.

L'acide phosphorique soluble dans l'eau et le citrate s'est montré encore une fois bien supérieur comme efficacité à celui des phosphates naturels finement pulvérisés. L'excédent de rendement a été, avec l'engrais complet au phosphate naturel, de 8 832 kilogr. ; avec l'engrais complet à base de superphosphate, il monte à 18 590 kilogr. C'est un fait nouveau qui vient corroborer tous ceux que nous avons recueillis depuis 1886.

La suppression de l'acide phosphorique dans la fumure paralyse l'action de la potasse et de l'azote, parce que les récoltes sont proportionnelles à celui des éléments de fertilité qui se trouve en moindre quantité relative dans le sol. En présence de l'engrais phosphaté, au contraire, toujours pour la même raison, l'azote et la potasse ont leur plein effet, parce que le sol n'est pauvre d'une manière sérieuse ni en l'un ni en l'autre.

Pour rendre plus saisissables nos conclusions, égalons à 100

l'excédent produit par l'engrais complet et calculons proportionnellement les excédents des autres parcelles ; nous aurons :

NATURE DES ENGRAIS.	EXCÉDENTS proportionnels.
Engrais complet	100
Engrais sans potasse	92
Engrais sans acide phosphorique	5
Engrais sans azote	75
Engrais complet au phosphate minéral	62

D'où l'on voit que, tandis que la suppression de l'acide phosphorique déprécie l'excédent de 95 p. 100, la suppression de l'azote ne le diminue que de 25 p. 100 et, celle de la potasse, que de 8 p. 100.

Enfin, il saute aux yeux que le changement d'état de l'engrais phosphaté déprime l'excédent de 48 p. 100.

Nous pouvons donc raisonnablement conclure que dans nos sols pauvres en acide phosphorique, mais assez bien pourvus d'azote, la fumure de la betterave à sucre doit, avant tout, être une fumure de superphosphates. L'azote est ensuite l'élément qu'il faudra fournir. Quant à la potasse, il ne sera pas urgent de s'en préoccuper si le fumier de ferme est régulièrement employé dans l'assolement.

Mais il ne faut pas oublier que la fumure doit avoir une composition adéquate aux besoins physiologiques de la plante, et au manque de ressources alimentaires du sol. En terrain pauvre en acide phosphorique, assez riche en azote et ne manquant que très peu de potasse, le rendement est en raison de la fumure phosphatée surtout. Dans un sol très riche en acide phosphorique, cet élément deviendrait sans effet sur la production.

C'est ainsi que, dans des expériences faites à Licourt (Somme), chez M. Meyer, par M. Nantier, ex-directeur de la Station agronomique d'Amiens, sol renfermant par kilogramme :

Azote	1gr,7
Acide phosphorique	3 ,4
Potasse	5 ,28

le superphosphate n'a pas eu d'effet.

Le champ avait été fumé dans toute son étendue, avec 35 000 kilogr. de fumier de ferme à l'hectare. La parcelle qui n'avait pas reçu d'engrais phosphaté donna 37 556 kilogr. Avec une addition de 500 kilogr. de nitrate de soude, le rendement monta à 44 034 kilogr. En ajoutant au nitrate 75 kilogr. d'acide phosphorique soluble à l'eau le rendement ne monte pas ; il demeure de 43 706 kilogr. En doublant la dose d'acide phosporique, la production ne dépasse pas 45 691 kilogr. Faisons ressortir les excédents :

Nitrate seul	6 478 kilogr.
Nitrate et 75 kilogr. d'acide phosphorique.	6 150 —
Nitrate et 150 kilogr. d'acide phosphorique.	8 036 —

L'erreur probable calculée (= 4 p. 100) atteint le chiffre de 1 800 kilogr. environ et la différence maxima d'excédent n'est que de 1 548 kilogr. Il est donc évident qu'en terre riche à 3 gr. d'acide phosphorique par kilogramme l'emploi des phosphates ou des superphosphates est entièrement inutile.

Ces engrais sont surtout très efficaces dans les sols pauvres, contenant moins de 1 gr. de cet élément fertilisant par kilogramme. Entre 1 gr. et 2 gr., leur action se fait encore sentir. Au delà de 2 gr. la restitution de l'acide phosphorique nous paraît inutile.

Avec les sols riches en acide phosphorique et en potasse, c'est l'azote qui influe sur le rendement : même dans un terrain riche de 1gr,7 de ce principe, l'addition de 500 kilogr. de nitrate élève le rendement de 17 p. 100. En comptant la betterave à 25 fr. les 1 000 kilogr., la valeur de l'excédent est de 160 fr. pour une dépense de 120 fr. Il y a encore un petit bénéfice. Dans notre sol, un peu moins riche en azote (1gr,3 par kilogramme), le résultat est fort peu différent. Nous avons dépensé 100 fr. de nitrate pour obtenir 135 fr. de betteraves. Pour une dépense de 45 fr. d'acide phosphorique soluble au citrate, nous avons récolté, au contraire, un surcroît de valeur de 425 fr.

Nous avons, dans ces faits, une nouvelle et éclatante preuve de cette vérité : qu'il est indispensable de régler les fumures d'après la nature du sol. L'analyse des terres s'impose à qui veut tirer des engrais tout ce qu'ils peuvent donner, et nous ne saurions mieux ter-

miner cette discussion qu'en rappelant cette opinion d'Olivier de Serres, que « le fondement de l'agriculture est la connaissance des terroirs que nous voulons cultiver ».

Richesse comparée des deux variétés.

Pour compléter les données culturales que nous avons discutées plus haut, nous avons analysé les betteraves de chaque variété séparément pour chaque parcelle.

Le tableau suivant reproduit les résultats des analyses rapportés à 100 parties de betteraves.

I. — Variété Améliorée de Vilmorin.

NUMÉROS des parcelles.	NATURE DES ENGRAIS.	MATIÈRE azotée.	SUCRE.	CENDRE.
I	Demi-fumier et engrais[1]	2.52	14.74	0.828
II	Grosse fumure	2.52	16.60	0.981
III	Engrais complet au *phosphate*. .	2.10	12.83	0.810
IV	Engrais complet au superphosphate.	1.98	13.99	0.878
V	Sans engrais.	2.30	13.21	1.062
VI	Engrais sans potasse.	2.54	13.50	0.782
VII	Engrais complet (sans plâtre) . .	2.42	14.80	0.945
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	2.83	13.71	1.035
IX	Engrais sans azote	1.63	15.50	0.963
	Moyennes.	2.31	14.32	0.919

II. — Variété Klein Wansleben.

I	Demi-fumier et engrais.	1.79	14.20	0.797
II	Grosse fumure.	2.12	15.10	0.927
III	Engrais complet au *phosphate*. .	1.97	11.66	0.868
IV	Engrais complet au superphosphate.	1.89	13.85	0.830
V	Sans engrais.	1.65	11.82	0.889
VI	Engrais sans potasse.	2.34	13.41	0.822
VII	Engrais complet (sans plâtre) . .	2.23	13.90	0.864
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	2.39	13.71	1.026
IX	Engrais sans azote	1.59	15.30	0.841
	Moyennes.	1.996	13.66	0.873

1. Pour la composition détaillée des engrais, voir le tableau général des récoltes.

Si nous comparons les deux variétés cultivées côte à côte dans chacune des parcelles, nous constatons que l'Améliorée de Vilmorin s'est montrée un peu plus riche en sucre que la Klein Wansleben. Cette dernière donne une richesse moyenne de 13kg,66 p. 100 kilogr. de racines, tandis que la variété française présente un dosage moyen de 14kg,32. La différence est de 2/3 de kilogramme.

Cette petite supériorité de la betterave de Vilmorin ne nous semble pas un résultat accidentel, car elle se manifeste non seulement dans la moyenne, mais encore dans toutes les parcelles. Cela n'a rien du reste qui puisse étonner.

C'est la variété améliorée française qui a donné la plus haute richesse en sucre : 16.5 p. 100 avec la grosse fumure de fumier de ferme. Dans les mêmes conditions, la betterave allemande a atteint le dosage de 15.1 p. 100 de sucre, dosage déjà très remarquable.

Le dosage le plus faible offert par l'Améliorée Vilmorin est de 12.83. La Klein Wansleben est tombée à 11.66. Ces richesses minima en sucre ont été observées dans la parcelle n° III.

Les écarts les plus grands de la teneur en sucre sont par conséquent de 3.77 pour la Vilmorin et de 3.44 pour l'allemande.

Au point de vue de la matière azotée, la variété Klein Wansleben est nettement plus pauvre que la Vilmorin. Celle-ci en renferme en effet 0.314 p. 100 de plus que celle-là. On retrouve cette infériorité de titrage dans toutes les parcelles sans exception. C'est un avantage pour la variété allemande, car une grande richesse en matière azotée est plutôt nuisible qu'utile à l'extraction du sucre.

En ce qui concerne la richesse en matières minérales de la betterave entière, il n'y a qu'une petite différence en moyenne entre les deux variétés. L'écart entre le taux de cendres de la variété française : 0.919, et celui de la variété allemande : 0.878, n'est que de 0.043, c'est-à-dire seulement de 5 p. 100 du dosage minimum.

Action des engrais sur la composition de la betterave.

Nous avons déjà constaté que, suivant les différentes parcelles, les betteraves avaient présenté des écarts maxima de 3.77 et 3.44 pour

le sucre. Ils ont été de 1.20 et de 0.80 pour les matières azotées. Enfin ils ont atteint 0.252 et 0.229 pour les cendres. Ces différences sont assez importantes pour que nous puissions en tirer quelques déductions.

Le premier fait qui nous frappe, c'est que l'emploi du fumier de ferme à haute dose (40 000 kilogr.), loin d'abaisser la richesse saccharine de la betterave, nous a donné des racines d'un très haut titre: 16.60 et 15.01. L'emploi de fortes fumures de fumier bien décomposé et riche non seulement en azote et en potasse, mais surtout en acide phosphorique, comme celui de la ferme de Cloches, assure donc à la fois un rendement élevé et une bonne richesse.

Le plus faible dosage en sucre correspond aux parcelles III et V. Avec l'engrais azoto-potassique, complété depuis sept ans par l'addition de phosphates minéraux finement moulus, nous trouvons seulement 12.83 et 11.66 de sucre p. 100 de racines, soit en moyenne 12.2. Sans engrais, c'est-à-dire dans un sol épuisé par sept ans de culture, et où aucune substance fertilisante n'a été rapportée depuis, nous avons dosé 13.21 et 11.82 ou en moyenne 12.5. L'addition de superphosphate au même engrais azoté et potassique nous donne dans la parcelle IV, avec nos deux variétés, des richesses de 13.99 et 13.85 ou 13.09 en moyenne. — Dans la parcelle VII, qui ne diffère de IV qu'en ce que l'on n'ajoute pas de plâtre au mélange, nous trouvons des dosages de 14.80 et 13.90 ou 14.03 en moyenne. Enfin la moyenne générale des deux parcelles IV et VII est de 14.1.

Il nous semble permis de conclure de là, qu'en ce qui concerne le sol de Cloches, l'emploi du superphosphate, dans la constitution de l'engrais complet, s'est montré favorable à la richesse de la betterave; tandis que, au contraire, le phosphate naturel, que nous avons utilisé, n'a eu aucun effet sous ce rapport.

La suppression de l'acide phosphorique dans la parcelle VIII amène une diminution de la richesse en sucre à 13.7 en moyenne pour les deux variétés, qui vient confirmer ce que nous avons dit.

La suppression de la potasse a aussi un résultat désavantageux relativement au dosage en sucre des racines. Il tombe à 13.50 et 13.41.

La potasse comme l'acide phosphorique a donc une heureuse influence sur la richesse saccharine des betteraves.

Il n'en est pas de même de l'azote, sa suppression totale amène pour les deux variétés considérées une augmentation énorme de la richesse en sucre ; on trouvera en effet dans les racines de la parcelle IX les dosages suivants : 15.50 et 15.30.

La suppression de l'engrais azoté a aussi une influence très nette sur la teneur de la betterave en matières azotées. Les dosages en ces substances des racines de la parcelle n° IX sont les plus bas : 1.63 et 1.59, soit 1.70 en moyenne. Les engrais azotés, que ce soit du nitrate ou du fumier de ferme, donnent des résultats analogues.

D'une autre part, nous devons faire observer, ce qui ne nous paraît pas sans importance, que le maximum de substances azotées se rencontre, pour les deux variétés dans la parcelle VIII, à l'abstinence d'acide phosphorique. La même quantité d'azote nitrique dans la fumure, selon que l'acide phosphorique est ajouté au sol ou non, donne dans le premier cas seulement 2.42 et 1.98 et 1.89 et 2.23, soit en moyenne 2.13 p. 100 de matières azotées ; tandis que, dans le second cas, on en trouve 2.61.

La richesse en cendres atteint aussi son maximum pour les deux variétés dans la parcelle VIII, privée d'acide phosphorique.

Il nous semble donc indiscutable, d'après tous les faits que nous venons de constater, que l'acide phosphorique soluble dans le citrate constitue un élément indispensable de la fumure de la betterave à sucre dans les terres pauvres en cet élément de fertilité, lorsque l'on vise également les hauts rendements et la qualité.

Action des engrais sur le rendement en sucre à l'hectare.

Le rendement en sucre à l'hectare, c'est là certainement ce qui intéresse le plus le cultivateur, car le produit brut lui est proportionnel.

Nous donnons donc dans le tableau suivant le produit en sucre de chacune de nos parcelles d'expériences, calculé d'après le rendement net et la richesse saccharine moyenne de deux variétés. Dans

une deuxième colonne, nous donnons les excédents dus à l'emploi de différents engrais employés.

NUMÉROS des parcelles.	NATURE DES ENGRAIS.	SUCRE par hectare.	EXCÉDENTS.
		kilogr.	kilogr.
I	Demi fumure et engrais	4 847	3 351
II	Grosse fumure	4 798	3 302
III	Engrais complet au *phosphate*. . .	2 537	1 041
IV	— au superphosphate.	4 247	2 751
V	Sans engrais.	1 496	»
VI	Engrais sans potasse.	3 702	2 206
VII	Engrais complet (sans plâtre) . . .	4 247	2 751
VIII	Engrais sans acide phosphorique. .	1 741	245
IX	Engrais sans azote	3 809	2 313
$\frac{VII + IV}{2}$	Moyenne des parcelles VII et IV.	4 247	2 751

L'excédent de sucre le plus élevé est produit par la fumure mixte de fumier de ferme et d'engrais chimiques. Nous devons rappeler au souvenir de nos lecteurs que dans presque tous les cas, et pour toutes les cultures, c'est cette combinaison qui nous a produit les meilleurs et les plus beaux résultats.

La grosse fumure de fumier de ferme vient ensuite.

Nous pensons que son emploi a été aussi avantageux en 1892, à cause de la sécheresse printanière, l'abondance de la matière organique du fumier ayant eu pour effet de maintenir plus d'humidité à la portée des racines.

L'engrais complet donne un excédent de 2 751 kilogr. avec le superphosphate, que nous voyons tomber avec le phosphate à 1 041 kilogr.

Si maintenant nous recherchons quel est celui des éléments de fertilité qui déprécie le plus, par son absence, le rendement en sucre par hectare, nous voyons que c'est encore l'acide phosphorique ; sa suppression dans l'engrais fait tomber l'excédent de produit de 2 751 kilogr. à 245 kilogr.

L'azote, bien qu'il déprécie un peu la richesse de la betterave, ne peut pas être supprimé sans danger. Il y a en effet plus que compensation entre l'abaissement du titre saccharin de la racine et l'accroissement du poids.

La suppression de la potasse enfin diminue un peu le rendement en sucre. Toutefois, la dépression ne se compare pas à celles observées pour les deux autres principes fertilisants.

Nous avons déjà signalé plus haut les résultats négatifs, au point de vue du rendement, de l'emploi du superphosphate dans les sols riches de Licourt. M. Nantier nous a donné la richesse en sucre des jus des betteraves obtenues dans ses essais. Nous les reproduisons ci-après :

FUMURES.	SUCRE par décilitre de jus.
Sans engrais	13.54
Azote sous ses trois formes (75 kilogr.)	13.03
75 kilogr. d'azote et 75 kilogr. d'acide phosphorique	13.15
75 kilogr. d'azote et 150 kilogr. d'acide phosphorique	13.69

On voit qu'ici, avec une terre dosant déjà 3^{gr},4 d'acide phosphorique par kilogramme, l'acide phosphorique soluble à l'eau n'a pas d'action sensible sur le taux du sucre.

Dans une autre expérience faite à Quesnoy-Montaut, chez M. Chevalier, les résultats n'ont pas été de même nature, parce qu'alors on avait affaire à un sol beaucoup moins riche en acide phosphorique, quoique moins pauvre que celui de Cloches. Ce sol contenait en effet :

Acide phosphorique	0^{gr},80
Azote	1 ,70
Potasse	4 ,23

M. Nantier indique les richesses suivantes qu'il a obtenues avec ou sans superphosphate :

Témoin sans engrais	14^{gr},91
75 kilogr. d'acide phosphorique soluble.	15 ,88

On trouve une augmentation de 0^{gr},97 de sucre correspondant à 0°,6 de densité de jus. Il y a donc eu accroissement sensible de richesse par l'emploi de l'acide phosphorique. Ces résultats viennent donc confirmer complètement les nôtres.

Les superphosphates sont indispensables dans la culture de la betterave toutes les fois que les sols où l'on opère sont pauvres. Leur efficacité se fait sentir à la fois sur le rendement et la richesse, et elle est d'autant plus grande que le dosage en acide phosphorique de la terre est plus faible. Au contraire, dans les terres riches à plus de 2 gr. l'utilité de cet engrais disparaît entièrement.

Il n'y a donc rien à changer aux premières conclusions que nous avions tirées du rendement en poids net de nos expériences. L'analyse des racines n'a fait que nous fournir des preuves nouvelles à l'appui de nos déductions.

VII. — Betteraves à graines.

Nous avons fait deux récoltes de betteraves à graines au champ d'expériences de Cloches. La première en 1888 et la seconde en 1895. Cette culture, pour restreinte qu'elle soit et doive demeurer, a cependant une certaine importance en Eure-et-Loir. Nous pourrions citer un certain nombre de cultivateurs qui cultivent de 10 à 40 hectares de porte-graines chacun. Mais elle est pour nous intéressante à deux titres : elle a été peu étudiée d'abord, et ensuite elle constitue une spécialité où nos collaborateurs dévoués sont passés maîtres. Expérimenter avec eux sur un pareil sujet était pour nous une double bonne fortune, car par la détermination de l'engrais le plus favorable nous pouvions leur rendre quelque service, et ensuite parce que nous avions personnellement tout à apprendre (et par suite tout à gagner) dans la culture de cette graine.

En 1888, c'est la sole B qui avait porté de l'orge en 1886 et de l'avoine en 1887 qui a été consacrée à la production de la graine de betterave Tankard améliorée. Les rendements élevés que nous avons obtenus témoignent d'une année exceptionnellement bonne. L'humidité a empêché l'invasion du puceron qui souvent fait de si grands ravages.

En 1895, on a planté de la betterave jaune des Barres de Vilmorin, en plants très réguliers, à raison de 22 000 pieds par hectare. On se reportera aux tableaux généraux des récoltes pour ce qui est des rendements obtenus. Nous indiquons ci-après les excédents de

récoltes fournis par les différents engrais. Dans tous les cas, le grain seul a été pesé.

NUMÉROS des parcelles.	NATURE DES ENGRAIS.	EXCÉDENTS de graines.		
		1888.	1895.	Moyenne.
—	—	—	—	—
		kilogr.	kilogr.	kilogr.
I	Fumure mixte	435	900	667
II	Fumier seul	155	800	477
III	Engrais complet (phosphate). . . .	345	600	472
IV	— (superphosphate) .	470	650	560
VI	Engrais sans potasse.	470	600	535
VII	Engrais complet (sans plâtre) . . .	425	600	512
VIII	Engrais sans acide phosphorique . .	110	»	55
IX	Engrais sans azote	65	600	332
$\frac{IV + VII}{2}$	. . . .	447	625	536

Nous croyons pouvoir tirer de ces essais les conclusions suivantes qui ressortent nettement du reste du graphique ci-contre (voir page 125) :

1° Ici, comme en général, l'emploi unique du fumier, même à haute dose, donne des résultats nettement inférieurs à ceux qu'on obtient d'une fumure modérée additionnée d'engrais de commerce nitro-phosphaté. Cette fumure mixte est, d'un autre côté, celle qui donne les plus beaux rendements ;

2° La suppression de l'azote dans la fumure diminue sensiblement l'excédent de production. Cette diminution a été en moyenne de 200 kilogr. Nous croyons donc que l'emploi du nitrate de soude est à recommander pour assurer le succès de cette culture ;

3° L'engrais minéral seul est d'une efficacité aléatoire. Pour qu'il marque son effet dans un sol déjà riche en azote comme celui de Cloches, il faut que les circonstances climatériques favorisent grandement la nitrification, et c'est là une conjoncture sur laquelle on aurait tort de fonder de trop vastes espoirs ;

4° L'acide phosphorique d'autre part est, de tous les éléments nécessaires à la nutrition de la plante, celui dont l'addition au sol paraît le plus indispensable. La suppression du superphosphate fait disparaître presque entièrement tout excédent de récolte ;

5° Le remplacement du superphosphate par le phosphate naturel

Betteraves à graines. — Excédents de graines.

des Ardennes, même en augmentant d'un tiers la dose d'acide phosphorique, déprime le rendement. Toutefois, le phosphate minéral est loin d'être inefficace, car il ressort de la comparaison des produits des parcelles III (phosphates) et VIII (sans acide phosphorique) un excédent de plus de 400 kilogr. Ici l'efficacité relative de l'acide phosphorique insoluble, par rapport à celui qui est soluble dans l'eau et le citrate, s'est élevée à 83 p. 100;

6° La potasse au contraire nous paraît avoir été inutile, puisque sa suppression est sans influence sensible sur le rendement.

7° Le plâtre nous semble également avoir été sans aucune utilité.

VIII. — Pommes de terre.

Nous avons cultivé la pomme de terre une seule année au champ d'expériences de Cloches. Cette plante est un peu délaissée dans le département, où il n'existe, à notre connaissance, que deux féculeries. C'est un tort évident, comme l'a démontré notre collaborateur M. Charles Égasse, d'Archevilliers. La culture de la pomme de terre Richter's Imperator avec les soins et les fumures convenables est plus rémunératrice que la culture de la betterave à sucre [1]. Pour l'alimentation des animaux à l'engrais, la pomme de terre cuite est incontestablement supérieure à la betterave.

On ne saurait donc trop engager la culture à entreprendre cette production sur une plus large étendue, car elle peut avoir comme débouchés l'alimentation de l'homme, celle des animaux et les industries de la féculerie et de la distillerie. Dans une récente communication à l'Académie des sciences, M. Aimé Girard, le propagateur éminent de la culture de la pomme de terre de haut rendement en poids et en qualité, a rappelé les excellents résultats que donne la distillation de ce tubercule, qui peut lutter avantageusement contre le maïs américain.

Nous avons employé, comme plant, la variété Magnum Bonum. La plantation, exécutée trop tard, vers le 15 mai, a été faite avec trop d'écartement, car il n'y avait que 170 pieds à l'are. Nous avons en

1. Voir Champ d'expériences d'Archevilliers.

effet reconnu dans des expériences faites autrefois à l'École Mathieu-de-Dombasle, sous notre direction, que l'espacement qui convient le mieux à cette variété est de 0m,60 sur 0m,60 au plus. Le rendement baisse rapidement quand l'écartement augmente. Tandis qu'à l'espacement de 0m,60 sur 0m,60 nous récoltions 230 quintaux de tubercules, nous voyons le rendement baisser à 202 quintaux en plantant à 60/70 et à 189 quintaux en plantant à 60/80.

Si donc, au lieu de planter seulement 170 pommes de terre à l'are, M. Oscar Benoist en eût mis 278 au moins, les rendements eussent été plus considérables. La Magnum Bonum peut facilement donner dans de bonnes conditions 25 000 kilogr. à l'hectare.

Mais si ce défaut de la méthode de culture suivie a une influence indéniable sur le résultat économique de l'opération, il ne lui ôte rien de sa valeur au point de vue de l'étude de l'action des engrais. Ce ne sont pas ici les rendements absolus qui nous intéressent le plus, mais bien les rendements différentiels.

La considération du tableau suivant fera bien ressortir cette action si importante des matières fertilisantes sur le rendement (voir le graphique page 129).

Sole D. — Pommes de terre Magnum Bonum.

NUMÉROS des parcelles.	ENGRAIS.	RENDEMENTS.	EXCÉDENTS.
		quint.	quint.
I	15 000 kilogr. de fumier, 45 kilogr. d'acide phosphorique et 15 kilogr. d'azote nitrique.	182,0	92,5
II	30 000 kilogr. de fumier	168,5	79,0
III	120 kilogr. d'acide phosphorique insoluble, 100 kilogr. de potasse, 31 kilogr. d'azote nitrique	156,0	66,5
IV	90 kilogr. d'acide phosphorique soluble, 100 kilogr. de potasse, 31 kilogr. d'azote nitrique	198,5	109,0
V	Sans engrais	89,5	»
VI	Comme IV, sans la potasse	144,5	55,0
VII	Comme IV	190,5	101,0
VIII	Comme IV, sans l'acide phosphorique . . .	132,5	43,0
IX	Comme IV, sans azote	173,5	84,0

La pomme de terre a donc été très reconnaissante de la fumure

qu'elle a reçue. C'est la confirmation évidente de nos expériences d'Archevilliers. Une forte fumure bien appropriée est la condition expresse d'un fort rendement.

Le fumier à raison de 30000 kilogr., seul, nous donne un excédent de 79 quintaux, ou de 88 p. 100. La petite fumure, complétée par le superphosphate et le nitrate de soude, élève le rendement encore un peu plus : 105 p. 100. Cela confirme ce que nous avons reconnu déjà pour les autres récoltes, à savoir : que l'emploi simultané du fumier à dose moyenne et des engrais complémentaires est plus avantageux que celui des fortes fumures de fumier seul.

L'engrais complet au superphosphate nous donne dans les parcelles IV et VII un excédent moyen de 107 quintaux, soit de 117 p. 100.

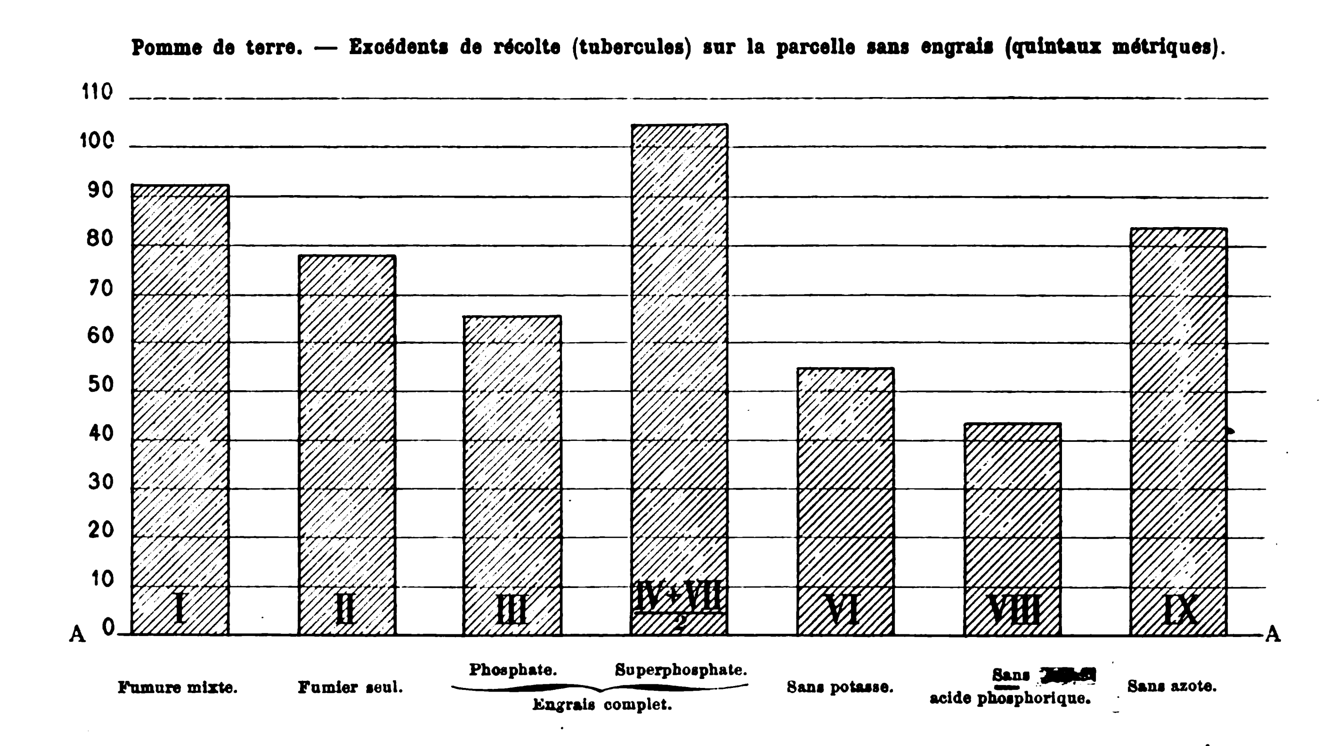
Quelle est l'influence de chacun des éléments de fertilité contenus dans cet engrais ? L'examen des parcelles suivantes va la mettre au jour.

L'azote nitrique, fourni par 200 kilogr. de nitrate de soude, vient-il à être supprimé, comme cela a lieu dans la parcelle IX ? Nous voyons les excédents passer de 105 quintaux à 84. L'azote nitrique a donc été très utile. Son efficacité a pour mesure 21 quintaux. L'azote, dans cette proportion, a élevé le rendement de 23 p. 100.

L'influence de la potasse n'est pas non plus douteuse. Sa suppression diminue l'excédent de 50 quintaux. Son action se montre plus importante que celle de l'azote. C'est que le sol est relativement riche en azote et pauvre en potasse. L'addition de cette dernière a élevé le rendement de 56 p. 100.

Mais c'est évidemment l'acide phosphorique soluble au citrate qui a joué le rôle prépondérant. Sa suppression abaisse le rendement de 62 quintaux. Son action est donc, dans le rendement, de 69 p. 100.

L'effet d'un élément de fertilité est d'autant plus intense que le sol en est moins pourvu. Dans notre sol pauvre en acide phosphorique, la suppression de l'engrais phosphaté paralyse en partie l'action des autres principes fertilisants. Si nous additionnons les quantités qui représentent l'action de chaque principe fertilisant considéré isolément, nous trouvons en effet un total de 148 p. 100, supérieur



Pomme de terre. — Excédents de récolte (tubercules) sur la parcelle sans engrais (quintaux métriques).
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
A
A
I
II
III
IV+VII/2
VI
VIII
IX
Fumure mixte.
Fumier seul.
Phosphate.
Superphosphate.
Engrais complet.
Sans potasse.
Sans [redacted]
acide phosphorique.
Sans azote.

de 31 p. 100 à l'excédent obtenu dans les parcelles IV et VII. Cette différence représente l'effet dépressif produit sur les autres éléments de l'engrais par la suppression de l'acide phosphorique.

C'est une démonstration de cette loi d'agronomie qu'il faut toujours que le praticien ait présente à l'esprit, à savoir : que les rendements sont proportionnels à l'élément de fertilité qui se trouve en moindre proportion à la disposition du végétal.

Si nous comparons maintenant la parcelle n° III aux autres, nous voyons que le phosphate minéral n'a pas été sans efficacité sur le rendement. L'excédent de récolte obtenu est de 66^{qm},5 et dépasse de 23 quintaux et demi celui de la parcelle sans acide phosphorique. L'accroissement de récolte dû au phosphate serait donc de 26 p. 100.

En résumé, il ne paraît pas douteux que l'engrais convenable pour les pommes de terres ne doive renfermer, dans les sols de limon :

1° Du nitrate de soude ;

2° Du superphosphate ;

3° Du chlorure de potassium.

La dose devra varier suivant les fumures antérieures et la richesse actuelle du terrain. Mais on peut prendre comme type moyen de la fumure applicable chez nous :

Nitrate de soude.	200 à 300 kilogr.
Superphosphate	600 —
Chlorure de potassium . .	100 à 200 —

ce dernier sel pouvant disparaître dans la plupart des sols où la potasse est assez abondante ou qui ont reçu du fumier abondamment depuis peu.

Maladie des pommes de terre.

Le 11 juillet et le 4 août, M. Oscar Benoist a traité par la bouillie bourguignonne, à 3 p. 100 de sulfate de cuivre et autant de carbonate de soude, 3 rangées de pommes de terre sur les 11 que contenait chaque parcelle. Le *Peronospora infestans* ne s'étant

presque pas développé cette année sur la variété Magnum Bonum au champ d'expériences, les résultats qu'on y a obtenus ne sont pas très frappants. Toutefois, les rangées sulfatées ont gardé leur feuillage vert de 20 à 25 jours plus tard que les autres.

Les rendements obtenus rapportés à l'hectare ont été les suivants :

	RENDEMENT à l'hectare.
Partie traitée	16 235 kilogr.
Partie non traitée.	15 842 —
Différence	393 —

Mais dans un autre champ, planté de pommes de terre de Hollande, les résultats ont été très probants, à cause de la plus grande susceptibilité de cette variété. Les pommes de terre, plantées à raison de 170 pieds à l'are, ont donné les résultats suivants à l'arrachage :

	RENDEMENT A L'HECTARE. Total.	Tubercules sains.	Tubercules gâtés.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Partie traitée.	21 452	21 250	202
Partie non traitée. . .	15 684	15 178	506
Excédent dû au traitement . .		6 072	

Le traitement à la bouillie bourguignonne doit donc être recommandé. Il est efficace pour enrayer les ravages de la maladie. La préparation du remède est facile et peu coûteuse et son adhérence aux feuilles est considérable.

IX. — Carotte blanche des Vosges.

Cette racine suivait un blé qui fut déchaumé aussitôt après la moisson en 1890. Au début du printemps de 1891 le sol reçut un bon labour, d'environ 20 centimètres de profondeur, qui servit à enfouir le fumier répandu pendant l'hiver sur les parcelles I et II. Les engrais chimiques semés vers la fin d'avril furent enterrés par un labour superficiel. Enfin, le 15 mai, on sema les carottes en lignes

espacées de 60 centimètres. Au dépressage, on les réduisit à 13 par mètre carré.

Pendant toute la durée de leur végétation, les parcelles qui n'avaient pas reçu d'acide phosphorique soluble à l'eau et au citrate, quoique très vertes, présentaient un aspect plus chétif. La parcelle n° VIII, à l'abstinence d'acide phosphorique, ne différait pas à l'œil du témoin n° V; au contraire, la parcelle IX, privée d'engrais azoté, se montrait jusqu'à l'automne aussi belle que celles pourvues d'engrais complets. A cette époque seulement elle prit une teinte plus jaunâtre. A l'arrachage, qui eut lieu le 28 octobre, on remarquait, outre les différences de rendement que montre le tableau suivant, que les carottes provenant des parcelles sans superphosphate étaient beaucoup plus racineuses.

NUMÉROS des parcelles.	NATURE DES ENGRAIS.	RENDEMENTS par hectare.	EXCÉDENTS.
—	—	— quintaux.	— quintaux.
I	15 000 kilogr. de fumier, 27 kilogr. d'acide phosphorique soluble au citrate, 15 kilogr. d'azote nitrique et 50 kilogr. de potasse . . .	600	240
II	40 000 kilogr. de fumier de ferme.	530	170
III	60 kilogr. d'acide phosphorique des nodules, 30 kilogr. d'azote nitrique et 50 kilogr. de potasse	420	60
IV	56 kilogr. d'acide phosphorique soluble au citrate, 30 kilogr. d'azote nitrique et 50 kilogr. de potasse	530	170
V	*Sans engrais*.	*360*	»
VI	Comme IV, moins la potasse	525	165
VII	Comme IV	600	240
VIII	Comme IV, moins l'acide phosphorique. . . .	395	30
IX	Comme IV, moins l'azote	510	150

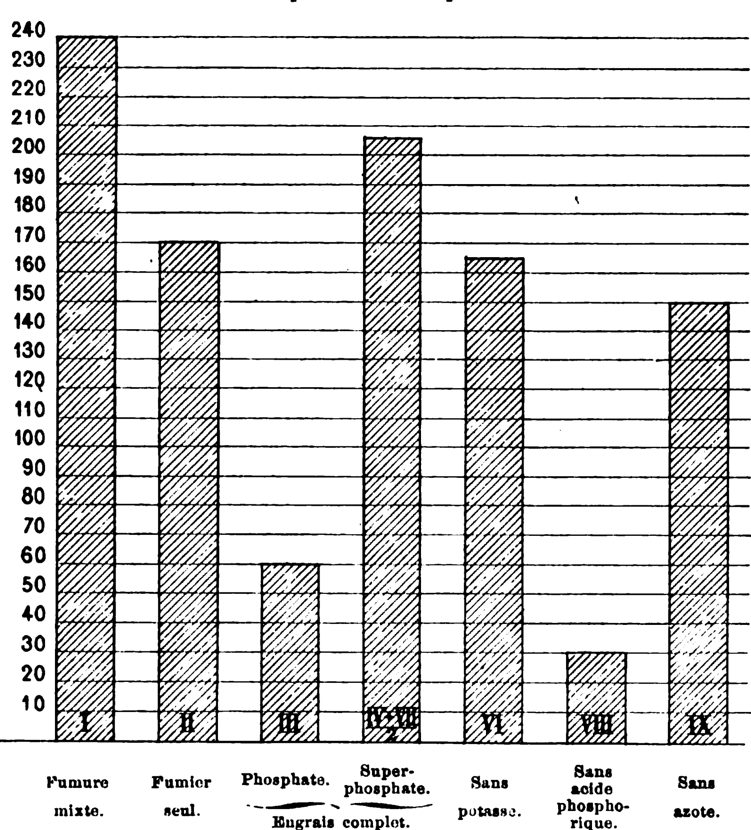
Si l'on considère les excédents obtenus, on peut en tirer les conclusions suivantes (voir le graphique page 133) :

1° Dans un sol qui, comme celui de Cloches, donne encore, après six années de culture, un rendement de racines élevé (360 quintaux), l'addition d'engrais appropriés, naturels, artificiels ou mixtes, augmente encore le rendement dans une très grande proportion (600 quintaux) ;

2° Les excédents les plus élevés sont obtenus avec l'emploi du

fumier à petite dose, complété par des superphosphates, du nitrate de soude et du chlorure de potassium, et ensuite avec l'engrais

Carottes. — Excédents de récoltes (racines) sur la parcelle sans engrais en quintaux métriques.



complet au superphosphate : 240 quintaux et 205 quintaux d'excédents. Le fumier à forte dose vient au troisième rang ;

3° L'engrais complet au phosphate minéral est beaucoup moins efficace que l'engrais complet au superphosphate. Il donne seulement 60 quintaux d'excédent au lieu de 205, moyenne des parcelles IV et VII. En ce qui concerne les carottes, l'acide phosphorique soluble à l'eau et au citrate a montré une supériorité évidente sur l'acide phosphorique en combinaison tricalcique ;

4° Des trois éléments fondamentaux de l'engrais : azote, potasse, acide phosphorique, celui qui a montré l'action la plus intense sur le rendement est le dernier. C'est lui, du reste, qui fait le plus défaut dans le sol. L'influence propre de l'acide phosphorique soluble au citrate peut se déduire de la comparaison des excédents fournis par les parcelles IV et VII, d'une part, et par la parcelle VIII, qui n'a pas reçu d'engrais phosphaté, depuis l'origine de nos études. Malgré la potasse et l'azote qu'elle a reçus régulièrement, cette dernière ne donne que 30 quintaux d'excédent, à côté d'une moyenne de 205 donnée par les autres ;

5° La potasse, quoique beaucoup plus abondante dans la carotte, agit bien moins sur le rendement. La parcelle VI, à l'abstinence de potasse, donne seulement 40 quintaux de moins que la moyenne des parcelles IV et VII ;

6° Enfin, l'azote ne donne également, quand on le supprime, qu'un déficit beaucoup moins grand que l'acide phosphorique. Avec engrais complet nous avions en moyenne 205 d'excédent ; nous en avons encore 150 sans azote. La différence n'est que de 55 quintaux.

Toutes ces conclusions sont de même sens que celles que nous avons antérieurement tirées de la culture des pommes de terre et des betteraves.

M. Oscar Benoist estime que le déchaumage fait aussitôt après la moisson a eu pour effet de favoriser dans une très large mesure la transformation de l'azote organique des réserves en azote assimilable. Cela expliquerait les forts rendements obtenus partout, et même dans la parcelle n° IX.

ÉTAT DU SOL

Après notre neuvième récolte, il nous a semblé intéressant d'examiner les modifications que la culture et les engrais avaient pu imprimer aux diverses parcelles de notre champ d'expériences. A cet effet, nous avons prié M. Oscar Benoist de prélever à la sonde,

sur une profondeur uniforme de 20 centimètres dans chacun des carrés du champ, un échantillon moyen. Ceux-ci, réunis au laboratoire de la Station, ont été analysés comparativement d'après des méthodes que nous croyons indispensable de décrire ici, avec quelque détail, à cause des variations que la pratique nous a fait constater dans les résultats des analyses de terres, quand on a recours à des modes d'attaque peu différents en apparence.

Méthodes de recherches.

Préparation des échantillons. — L'échantillon brut, émietté à la main, a été tamisé à l'aide d'un tamis en laiton à mailles carrées, comptant dix fils par centimètre. Toute la terre fine qui a passé a été recueillie et desséchée à l'étuve à 100°. C'est sur cette dernière qu'a porté l'analyse.

Les graviers et cailloux, restant sur le tamis, ont été lavés à grande eau pour détacher toute la terre adhérente, et ensuite séchés et pesés.

Le taux des graviers s'est montré peu variable, comme il était à prévoir, dans ce sol de limon que nous avions choisi aussi homogène que possible.

ANALYSE CHIMIQUE DU SOL

a) Éléments attaquables par l'acide nitrique bouillant.

1. **Attaque.** — On introduit 50 gr. de terre fine sèche dans une fiole d'attaque, en forme de poire, de 300 à 400 centimètres cubes de capacité, et on les mouille avec 50 centimètres cubes d'eau. On les traite ensuite par 100 centimètres cubes d'acide azotique de 1,3 de densité, à 15° centigrades, que l'on verse peu à peu si on a affaire à un sol calcaire, en ayant soin de compléter ensuite la quantité d'acide qui doit rester libre en ajoutant au liquide 0cc,93 d'acide supplémentaire par centième de calcaire renfermé dans le sol. On agite, pour chasser l'acide carbonique des carbonates, et l'on porte à l'ébullition au bain de sable. On prolonge celle-ci pendant cinq heures exactement, en fermant la fiole avec un petit entonnoir.

Après refroidissement, on étend d'un peu d'eau et l'on transvase le tout dans un ballon jaugé de 500 centimètres cubes, qu'on remplit jusqu'au trait. Après avoir agité le contenu du ballon pour le rendre bien homogène, on le jette sur un filtre sec et l'on recueille tout le liquide clair qui s'écoule pour effectuer la détermination de l'acide phosphorique, de la potasse, de la chaux, de la magnésie, de l'oxyde de fer et de l'alumine.

Quand tout le liquide de l'attaque est recueilli, on place l'entonnoir sur un autre ballon, on fait tomber sur le filtre tout le résidu insoluble, avec de l'eau distillée, et on le lave jusqu'à ce que le filtrat ne soit plus acide.

Les eaux de lavage sont jetées. Quant au filtre et à son contenu, on les dessèche à 100°, puis on fait tomber la terre inattaquée dans une capsule tarée et on brûle le filtre dont on ajoute les cendres au contenu de la capsule. Une pesée donne le poids de la partie inattaquable. Soit P ce poids.

La densité de la matière minérale du sol étant en moyenne de 2,65, le volume du résidu insoluble est

$$\frac{P}{2,65} = V.$$

Le liquide total d'attaque qui existait dans le ballon jaugé, rempli jusqu'au trait, était donc de 500 — V ou de

$$500 - \frac{P}{2,65}.$$

Si l'on prend pour faire un dosage 100 centimètres cubes de cette liqueur d'attaque, ce volume correspond donc à un poids de terre

$$p = \frac{100 \times 50}{500 - \left(\frac{P}{2,65}\right)}$$

et pour rapporter le poids de l'élément trouvé à 100 de terre fine sèche, il faudra le multiplier par

$$\frac{500 - \left(\frac{P}{2,65}\right)}{50}.$$

Dans un cas particulier pour une terre peu calcaire, le résidu inattaquable pesait $45^{gr},110$. Le volume qu'il occupait était de

$$\frac{45,119}{2,65}=17,0.$$

Le multiplicateur à employer pour ramener à 100 gr. le poids trouvé en faisant le dosage sur 100 centimètres cubes de liqueur d'attaque était par suite

$$\frac{500-17}{50}=9,66.$$

Pour les terres non calcaires, en général, on ne fait pas d'erreur notable en admettant le multiplicateur unique 9,7. Il devient 19,4 si l'on opère sur 50 centimètres cubes.

II. **Dosage de la chaux.** — On prélève 100 centimètres cubes de solution qu'on verse dans un ballon jaugé de 200 centimètres cubes. On ajoute de l'ammoniaque peu à peu, jusqu'à formation d'un léger précipité persistant d'oxyde de fer et d'alumine, que l'on redissout avec de l'acide azotique versé goutte à goutte (à l'aide d'un compte-goutte de Courtonne) jusqu'à ce que le liquide soit d'un beau jaune d'or limpide. On verse alors dans le ballon 20 centimètres cubes d'acétate de soude acétique, préparé en dissolvant 200 gr. d'acétate de soude cristallisé pur dans l'eau avec 50 centimètres cubes d'acide acétique glacial et en étendant avec de l'eau distillée jusqu'à 1 000 centimètres cubes. L'acide azotique libre est saturé et remplacé par de l'acide acétique qui maintient en dissolution les sesquioxydes. Seul le phosphate de fer se précipite, mais il est en très faible quantité. On remplit le ballon, jaugé, après refroidissement, jusqu'au trait, avec de l'eau distillée[1]. On jette alors sur un filtre sec pour séparer le phosphate de fer qui a pu se précipiter, et l'on mesure 100 centimètres cubes de liquide, correspondant à 50 centimètres cubes de la liqueur primitive d'attaque, qu'on verse dans une capsule de porcelaine et qu'on additionne de 200 centimètres cubes d'eau distillée, environ, puis de 2 à 3 gr. d'oxalate

1. Le liquide doit être d'un beau rouge-acajou foncé.

d'ammoniaque. Le liquide, qui était rouge-acajou, doit passer au jaune franc par la transformation complète de l'acétate de fer en oxalate. On porte à l'ébullition pour favoriser la précipitation de l'oxalate de chaux que l'on recueille sur un petit filtre sans plis et qu'on lave à l'eau bouillante jusqu'à élimination complète de l'oxalate d'ammoniaque.

Dans une liqueur étendue comme nous l'avons indiqué, le précipité est blanc et assez pur. On pourrait à la rigueur le sécher, le calciner au four Leclère et Forquignon au rouge blanc et le peser à l'état de chaux vive. Mais il est plus rapide et plus exact de titrer l'oxalate de chaux par le caméléon.

A cet effet, on enlève le filtre de l'entonnoir, encore tout humide, et on l'introduit dans la capsule même où a eu lieu la précipitation. On l'arrose avec environ 10 centimètres cubes d'acide chlorhydrique au dixième et l'on chauffe légèrement pour favoriser sa dissolution. Après avoir ajouté 100 centimètres cubes d'eau et 2 centimètres cubes d'acide sulfurique à 50 p. 100 en volume, on porte à l'ébullition et l'on verse peu à peu, avec une burette divisée en dixièmes de centimètre cube, une solution de permanganate de potasse. Le caméléon brûle l'acide oxalique en le transformant en acide carbonique. Dès que la combustion est terminée, une seule goutte de permanganate colore le liquide en rose persistant. Le papier du filtre ne gêne pas l'opération, car il n'agit qu'à la longue sur le caméléon et la netteté du virage n'est pas influencée.

La solution de caméléon se prépare en dissolvant 2^{gr},258 de permanganate de potasse pur dans l'eau distillée, et en amenant le volume à un litre à la température de 15°. 1 centimètre cube de cette liqueur correspond à 2 milligr. de chaux.

On vérifie le titre de la solution de caméléon en faisant, sur 1 décigr. d'acide oxalique cristallisé pur, le titrage dans les mêmes conditions que nous avons indiquées précédemment. Si la liqueur est exactement préparée, le volume employé est de 22^{cc},2, déduction faite de la petite quantité de caméléon nécessaire pour amener la coloration rose, quantité que l'on détermine par un essai à blanc. Si la liqueur est plus forte ou plus faible, on en calcule le titre exact en se souvenant que 63 gr. d'acide oxalique correspondent à 28 gr.

de chaux, et que, par conséquent, 100 milligr. d'acide oxalique équivalent à 44mgr,44 de chaux.

Comme le dosage de la chaux porte en réalité sur 50 centimètres cubes de liqueur d'attaque, le poids trouvé doit être multiplié par

$$2\left[\frac{500-\left(\frac{P}{2,65}\right)}{50}\right]$$

pour le ramener à 100 gr. de terre fine. Dans le cas des sols peu calcaires, le multiplicateur est voisin de 19,4[1].

III. **Dosage de l'acide phosphorique.** — On prélève 100 centimètres cubes de liqueur d'attaque qu'on verse dans une capsule et additionne de 5 à 7 gr. de nitrate d'ammoniaque cristallisé. On porte à l'ébullition. On éteint le feu et on ajoute d'un coup 30 centimètres cubes de nitromolybdate d'ammoniaque[2]. On agite, on laisse refroidir, puis on recueille le phosphomolybdate d'ammoniaque sur un filtre taré et on le lave avec de l'acide azotique pur au centième. Quand il est bien égoutté, on éponge le filtre entre des doubles de papier joseph et on le sèche à l'étuve à eau à la température de 90°. Quand deux pesées consécutives ne donnent plus de diminution de poids, on note le poids trouvé. Le précipité obtenu

---

1. Cette méthode rapide est plus exacte que la méthode qui consiste à séparer les sesquioxydes en les précipitant par l'ammoniaque. Le précipité gélatineux est impossible en effet à bien laver, et il retient presque toujours de la chaux.

2. La température à laquelle a lieu la précipitation est voisine de 80-85°.

Essais comparatifs effectués sur 10° de solution titrée de phosphate double de soude et d'ammoniaque dosant d'après la méthode citromagnésienne 48 milligr. de PhO^5.

NUMÉROS des essais.	POIDS du précipité.	PhO^5 employé	PhO^5 trouvé.
	gr.	milligr.	Coefficient à 0,035.
A	1,3690	48	47,915
B	1,3685	48	47,897
C	1,3737	48	48,079
Moyenne .	1,3704	48	47,964

En dosant le PhO^5 dans le précipité, nous en avons trouvé 3.6 p. 100.

dans ces conditions bien définies renferme, d'après nos nombreux essais, 3.50[1] p. 100 d'acide phosphorique (3.5 à 3.6).

IV. **Dosage de la potasse.** — On introduit dans une capsule de porcelaine 100 centimètres cubes de liqueur d'attaque, avec 30 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur. On évapore à sec, on reprend par l'acide chlorhydrique étendu et on transvase dans une petite capsule où l'on recueille les eaux de lavage. On ajoute un grand excès de bichlorure de platine et on évapore doucement au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse. On reprend alors le résidu par 5 centimètres cubes de bichlorure de platine et, après une demi-heure à trois quarts d'heure de contact, on jette le tout sur un petit filtre; on répète ce lavage une seconde fois si cela est nécessaire. On lave ensuite méthodiquement à l'alcool à 95° jusqu'à enlèvement des dernières traces de bichlorure de platine.

L'entonnoir est alors placé au-dessus d'une capsule (11 centimètres de diamètre) de porcelaine dont l'émail soit sans stries ni défauts, et, avec de l'eau bouillante, on y fait passer tout le chloroplatinate de potasse par un lavage méthodique. La liqueur jaune d'or étant portée à l'ébullition, on y ajoute sous forme de solution concentrée 2 à 3 gr. de formiate de soude pour réduire le platine à l'état métallique. Lorsque la réduction est complète, on ajoute peu à peu 10 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur et on fait digérer pendant un quart d'heure à un point voisin de l'ébullition pour concréter le platine. On laisse refroidir et on recueille le métal sur un filtre où on le lave complètement à l'acide chlorhydrique pur étendu de 9 parties d'eau distillée. Le filtre, étant bien égoutté, est calciné et pesé. Le poids du platine, multiplié par 0,48, donne celui de la potasse correspondante.

Nous avons vérifié que le lavage au chlorure de platine, qui élimine la plupart des corps étrangers, rend possible le lavage subséquent à l'alcool et ne dissout point de chloroplatinate de potasse. Cette modification, indiquée par Dyer, est due à Tatlock.

---

1. B. Dyer a adopté le même multiplicateur.

V. **Azote.** — On introduit 25 gr. de terre dans une fiole d'attaque avec 30 centimètres cubes d'acide sulfurique et 1 gr. de mercure et l'on fait bouillir jusqu'à décoloration complète comme dans le procédé Kjeldahl. On transvase ensuite le contenu du ballon dans un flacon jaugé portant un trait à 500 centimètres cubes et un autre à 510 centimètres cubes. On remplit jusqu'à 510 pour tenir compte du résidu siliceux. On filtre 400 centimètres cubes du liquide clair et on y dose l'azote comme d'ordinaire à l'appareil de Boussingault en employant la cochenille comme indicateur.

VI. **Carbone.** — Pour le dosage du carbone, nous avons traité la terre débarrassée du carbonate de chaux par l'acide sulfurique et le bichromate de potasse en recevant les gaz dans une solution de soude. Celle-ci a été préalablement titrée avec une solution d'acide oxalique à 28^{gr},636 par litre, dont 1 centimètre cube équivaut à 10 milligrammes de CO^2. On emploie comme indicateur le bleu CLB de Poirier, qui rougit sous l'action des alcalis libres et passe au bleu dès que les alcalis sont saturés par un acide, même par l'acide carbonique. Quand tout dégagement de gaz a cessé, on lave l'appareil avec un litre d'air pur de CO^2, puis on reprend le titre de la soude. La différence obtenue donne le poids de CO^2 absorbé.

La matière organique se déduit du poids du carbone en admettant qu'elle dose 50 p. 100 de ce dernier corps. Dans la matière noire d'un limon de Beauce, nous avons dosé 51.4 p. 100 de carbone, déduction faite de toute matière minérale.

b) **Éléments attaquables par les acides faibles.**

I. **Acide citrique.** — *Attaque.* — On pèse 100 gr. de terre fine sèche qu'on introduit dans un ballon. Si la terre est sensiblement calcaire, ce que l'on sait par le dosage préalable du carbonate de chaux, on y ajoute un poids d'acide citrique cristallisé exactement équivalent au carbonate, soit 1^{gr},4 d'acide citrique cristallin pour chaque gramme de calcaire contenu dans les 100 gr. On verse alors dans le ballon 500 centimètres cubes exactement mesurés d'une solution titrée d'acide citrique à 2 p. 100, on ferme avec un bouchon, on

agite vivement pour mettre la terre en suspension dans le liquide et on laisse digérer pendant vingt-quatre heures, en agitant à cinq ou six reprises différentes.

On filtre alors le liquide sur un filtre sec et on procède au dosage de l'acide phosphorique et de la potasse.

II. **Acide phosphorique.** — 100 centimètres cubes de liqueur sont additionnés dans une capsule de 30 centimètres cubes d'acide azotique au dixième (il doit y avoir un excès d'acide azotique libre) et de 7 gr. d'azotate d'ammoniaque. On porte le liquide à l'ébullition, on éteint le gaz et on y verse d'un seul coup 30 centimètres cubes de nitromolybdate d'ammoniaque. On fait digérer ensuite pendant une demi-heure au bain-marie, en maintenant la température du liquide des capsules à 80-85°.

Dans ces conditions, la précipitation de l'acide phosphorique est complète et l'on retrouve les plus petites quantités. Le reste du dosage se conduit comme pour l'acide phosphorique total.

Voici quelques résultats obtenus en opérant sur des quantités connues d'acide phosphorique :

NUMÉROS des essais.	ACIDE phosphorique ajouté.	PHOSPHO-MOLYBDATE pesé.	MULTIPLICATEUR adopté.	ACIDE phosphorique trouvé.
	milligr.	milligr.		milligr.
A.	0,48	14,5	0,035	0,5075
B.	0,096	3,0	»	0,105
C.	3,168	89,5	»	3,1325
D.	4,8	141,25	»	4,94375
E.	1,0	33,00	»	1,155
F.	4,8	138,00	»	4,83
G.	0,96	28,5	»	0,9975
H.	0,24	8	»	0,28
Total. .	15,544	455,75		15,92

III. **Potasse.** — On prend 250 centimètres cubes de solution correspondant à 50 gr. de terre, qu'on évapore dans une capsule, au bain de sable, à petit volume. On transvase dans une fiole d'attaque, en lavant avec le moins d'eau possible, on ajoute 15 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré et un demi-gramme de mercure, et on fait bouillir jusqu'à destruction de l'acide citrique. On trans-

vase dans un grand verre à précipité et on verse un lait de chaux épais pour précipiter tout l'acide sulfurique. Le magma obtenu est versé dans un entonnoir de 800 centimètres cubes, muni d'un tampon d'amiante, puis lavé méthodiquement un grand nombre de fois. Le liquide filtré renferme la potasse avec un peu de sulfate de chaux. On le concentre et on le calcine pour terminer le dosage de la potasse par le chlorure de platine et le formiate. Quoique assez lente, cette méthode est plus rapide que celle qui a recours à la calcination de l'acide citrique à basse température.

IV. Dosage de la potasse attaquable par l'acide azotique faible. — Le dosage de la potasse soluble à l'acide citrique à 2 p. 100 présente l'inconvénient d'être lent et encombrant pour le travail en séries. Nous avons pensé à employer comparativement la méthode de Schlœsing pour le dosage de la potasse assimilable, qui nous a paru beaucoup plus pratique et qui présente l'avantage d'être recommandée par le Comité consultatif des stations agronomiques au ministère de l'agriculture.

Voici comment nous avons exécuté ce dosage :

On introduit 50 gr. de terre fine sèche dans un ballon jaugé à 500-520 centimètres cubes. On ajoute autant de fois $0^{cc},93$ d'acide azotique pur à 36° B ($d = 1,335$ à 15°) que la terre renferme de calcaire pour 100, puis 400 centimètres cubes d'acide azotique titré renfermant par litre $7^{gr},02$ d'acide anhydre. On prépare cet acide avec $11^{cc},9$ d'acide à 36° B pour faire 1 litre. L'acidité de cette solution correspond en hydrogène à 0.013 p. 100, et, en acide citrique, à $0^{gr},910$, acidité moyenne du suc des racines d'après Bernard Dyer. On laisse digérer vingt-quatre heures en agitant de temps en temps, on complète le volume à 520 centimètres cubes, pour tenir compte de la partie insoluble de la terre[1], et on filtre. On évapore rapidement 400 centimètres cubes du filtrat correspondant à 40 gr. de terre, on calcine doucement pour chasser les sels ammoniacaux

1. Je suppose que l'on a affaire à une terre peu ou pas calcaire. Dans le cas contraire, on emplit la fiole jusqu'à 500 centimètres cubes et on calcule les résultats par la méthode générale indiquée plus haut.



que le sol aurait pu abandonner à la solution, et l'on termine le dosage par la méthode Corenwinder, à l'aide du chlorure de platine et du formiate.

ÉTAT CHIMIQUE DU SOL

Le tableau suivant reproduit les résultats moyens de nos recherches analytiques sur le sol de Cloches après la neuvième année de culture.

Chaux et calcaire. — Le dosage de la chaux dans nos différentes parcelles présente une très grande uniformité. La moyenne générale étant de 5^{gr},91 par kilogramme, le maximum s'élève à 6^{gr},63 et le minimum tombe à 4^{gr},12. L'écart moyen ne dépasse pas 0^{gr},75, ce qui est peu pour un élément qui est susceptible de varier dans d'aussi larges limites que la chaux, surtout pour un terrain dont le sous-sol est constitué par la craie à silex. Cette uniformité de la teneur en chaux de nos neuf groupes de parcelles est une preuve précieuse de l'uniformité de constitution de notre champ d'expériences en ces diverses parties, uniformité que fait ressortir également la proportion des graviers.

Si toute la chaux de notre sol était à l'état de carbonate calcaire, nous aurions par kilogramme un dosage de 10^{gr},55 de ce dernier corps en moyenne. Mais, en réalité, le carbonate de chaux n'entre dans la constitution de notre terrain que pour 1^{gr},09 par kilogramme, ce qui correspond à 0^{gr},61 de chaux. Les 9/10 environ de la chaux totale du sol se trouvent dans un autre état que celui de carbonate ; ils sont combinés à la matière humique qui est partout saturée et peut-être à l'acide silicique.

On voit par là qu'au point de vue de la pratique agricole il est beaucoup plus utile, surtout dans le cas des limons pauvres en chaux, de doser le carbonate de chaux réel que la chaux totale. Le sol de Cloches est un limon qui ne contient que des traces de calcaire, tandis qu'il paraît en renfermer 1 p. 100 d'après le dosage de la chaux totale. Le marnage dans ce terrain est donc recommandable.

État chimique du sol.

NUMÉROS des PARCELLES.	NATURE DES FUMURES.	CAILLOUX et GRAVIERS p. 100 de terre.	PAR KILOGRAMME DE TERRE FINE.										
			AZOTE[1].	CARBONATE de chaux.	CHAUX totale[1].	POTASSE SOLUBLE.			ACIDE phosphorique.		CARBONE[19].	MATIÈRES organiques.	C / Az
						AzO^5 bouillant.	Acide citrique.	Assimilable[1].	Total[1].	Acide citrique[1].			
			gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.			
I	Fumure mixte	2.7	1,19	0,8	6,43	3,2 [2]	0,31 [10]	0,23	0,55	0,080	9,29	18,58	7,8
II	Fumier seul	2.3	1,43	0,8	6,06	3,8 [3]	0,33 [11]	0,23	0,54	0,063	10,17	20,34	7,1
III	Engrais complet (phosphate) .	2.3	1,23	1,6	6,32	3,5 [4]	0,25 [12]	0,225	0,60	0,109	9,05	18,10	7,3
IV	Engrais complet (superphosphate)	1.4	1,42	2,0	6,63	3,9 [5]	0,26 [13]	0,205	0,595	0,080	9,578	19,156	6,75
V	Sans engrais.	1.6	1,16 [20]	1,4	5,64	4,1 [6]	0,15 [14]	0,17	0,46 [21]	0,032	8,536	17,072	7,1
VI	Engrais sans potasse.	2.3	1,24	1,2	6,08	»	0,17 [15]	0,17	0,515	0,058	8,86	17,72	7,1
VII	Engrais complet (sans plâtre) .	2.3	1,28	0,8	5,56	3,8 [7]	0,27 [16]	0,22	0,567	0,078	9,513	19,026	7,43
VIII	Engrais sans acide phosphorique.	2.0	1,22	0,6	5,36	3,8 [8]	0,27 [17]	0,21	0,455	0,037	9,28	18,56	7,60
IX	Engrais sans azote	2.4	1,21	0,6	5,12	3,6 [9]	0,26 [18]	0,25	0,55	0,061	9,05	18,10	7,48
(IV + VII) / 2	Engrais complet (moyenne) . .	1.8	1,35	»	6,09	3,85	0,265	0,215	0,58	0,079	9,545	19,090	7,09

1. Chaque résultat inscrit est la moyenne de 4 dosages ayant porté respectivement sur les échantillons, 1-A, 1-B, 1-C et 1-D.
2. Moyenne de 2 dosages.
3. 1 seul dosage.
4. 3 dosages.
5. 2 dosages.
6. 3 dosages.
7. 4 dosages.
8. 3 dosages.
9. 2 dosages.
10. 1 dosage.
11. 1 dosage.
12. 2 dosages.
13. 1 dosage.
14. 2 dosages.
15. 2 dosages.
16. 3 dosages.
17. 2 dosages.
18. 1 dosage.
19. Les dosages ont été effectués sur l'échantillon moyen de toute la parcelle.
20. Le sol dosait au début des essais 1gr,32 d'azote par kilogr.
21. Le sol dosait au début des essais 0gr,51 d'acide phosphorique.

Azote et carbone. — I. Si l'on considère la teneur en azote du sol des diverses parcelles après 9 années de culture, on observe entre celles-ci des différences assez nettes par rapport au terrain demeuré sans aucun engrais. C'est ce dernier qui contient la dose d'azote la moins élevée (1gr,16). Le maximum de richesse en azote s'observe dans la parcelle qui a reçu tous les trois ans 30 000 kilogr. de fumier de ferme (1gr,43). Les parcelles qui ont reçu l'engrais complet à base de superphosphate suivent de près ; on y trouve en moyenne 1gr,35 d'azote. Dans tous les autres groupes, la teneur en azote reste supérieure à celle du sol resté sans engrais. Toutes les parcelles à fumures diverses se sont enrichies relativement en azote, en général d'autant plus que la végétation y a été plus belle.

Mais si nous rappelons que le dosage de l'azote effectué sur le même champ au début des expériences nous a donné 1gr,32 de cet élément par kilogramme, on constate que la culture sans engrais a amené une perte d'azote notable (0gr,16 par kilogr.). On constate également une perte avec la fumure mixte, l'engrais au phosphate et les engrais incomplets. Il y a au contraire gain manifeste avec la forte fumure d'engrais de ferme, et léger gain avec l'engrais complet en moyenne.

On a donc l'assurance, par l'emploi exclusif de l'engrais complet approprié au sol et aux plantes, de maintenir le stock azoté du sol à un niveau sensiblement constant, grâce à l'abondance des débris des belles récoltes qu'on obtient dans un assolement où interviennent les légumineuses.

II. L'importance du rôle que joue dans le sol la matière organique est considérable, aussi bien au point de vue des propriétés physiques et chimiques qu'à celui de la nutrition des plantes, comme l'ont démontré les recherches de MM. Schlœsing, Grandeau, Dehérain. « Les matières organiques de la nature de celles qui existent dans la terre végétale renferment 50 p. 100 de carbone environ. » C'est par le dosage simultané du carbone et de l'azote qu'on peut le mieux se rendre compte des variations de la quantité des matières organiques du sol soumis à divers systèmes de culture et de sa qualité. Les trois dernières colonnes de notre tableau général d'analyses donnent le dosage du carbone pour chaque parcelle, l'estima-

tion de la matière organique et le rapport du carbone à l'azote dans celle-ci.

C'est le sol sans engrais qui renferme le moins de matière organique : 17gr,07, tandis que c'est la parcelle avec fumier qui en contient le plus : 20gr,94. Les parcelles à engrais complet (IV et VII) suivent de près cette dernière avec 19gr,09. Enfin les parcelles à engrais incomplet sont intermédiaires.

Si l'on considère le rapport du carbone à l'azote, on trouve une moyenne générale de 7,4 du premier pour 1 du dernier. Le minimum étant 7,1 et le maximum 7,8. Dans les différences observées il n'y a rien de bien caractéristique.

Pour nous rendre un compte exact des variations de la matière organique dans notre champ, il eût fallu que nous eussions fait le dosage au début des expériences par la même méthode qu'actuellement. A défaut de cette donnée, nous pouvons arriver à reconstituer, approximativement du moins, le nombre qui nous manque en prenant pour point d'appui le dosage de l'azote à l'origine (1gr,32). En le multipliant par 14,8 nous aurons, en supposant que le rapport $\frac{C}{Az}$ n'a pas sensiblement varié, ce que les dosages nous permettent de croire, la quantité de matière organique originelle, soit 19gr,05 par kilogramme.

Par comparaison avec nos dosages nous voyons que le sol sans engrais a perdu près de 2gr,05 de matière organique par kilogramme. Avec les engrais incomplets, la perte n'est plus que de 1gr,04. Pour les parcelles à engrais complet, la perte est très atténuée et il y a léger gain avec le fumier à forte dose.

En résumé, par l'emploi du fumier à la dose de 10 000 kilogr. par an, ou par celui de l'engrais complet, le sol de Cloches, soumis à un assolement comprenant céréales, racines et légumineuses, a enrichi ou au moins maintenu son stock d'humus et d'azote.

Avec les engrais incomplets les pertes deviennent sensibles et elles sont très nettes dans la culture sans aucun engrais.

III. Malgré sa richesse relative en azote, le sol de Cloches s'est montré sensible aux engrais azotés dans la culture des céréales et des racines. Il est donc évident que le stock élevé qu'il renferme ne

devient pas assez rapidement assimilable pour assurer à chaque période de leur végétation la nutrition parfaite de ces plantes.

D'après la moyenne générale des récoltes obtenues sur la parcelle V, sans engrais, nous pouvons estimer à 85 kilogr. par an le prélèvement d'azote fait sur le sol naturel par les plantes que nous avons cultivées. Sur un stock de 3 480 kilogr. par hectare, pour une profondeur de 25 centimètres à 30 centimètres, cela représente environ 2.4 p. 100.

Cette quantité d'azote absorbable est inférieure à ce que nous avons démontré être nécessaire pour l'alimentation d'une bonne récolte des céréales principales, soit de 125 à 138 kilogr. pour les blés d'automne et de printemps, et 126 kilogr. pour l'avoine. Elle est supérieure ou égale à ce qu'exigent les petites céréales, en somme, mais en réalité le sol de Cloches ne peut pas satisfaire sans addition de nitrate à l'avidité printanière de ces plantes, car alors sa nitrification n'est pas assez rapide.

Pour déterminer la richesse efficace d'un sol en azote, nous pensons qu'il vaudrait mieux y doser l'azote nitrique qu'il produit d'avril à juin que l'azote total qu'il contient.

Acide phosphorique. — De tous les éléments fertilisants c'est l'acide phosphorique qui, d'après nos dix années d'expériences culturales, a sur la végétation l'action la plus marquée. Que nous cultivions les céréales, les racines ou les légumineuses fourragères, toujours dans notre sol et dans les sols de même formation, ainsi que nous avons pu l'observer depuis 15 ans, l'acide phosphorique des superphosphates ou des scories de déphosphoration produit sur les rendements un effet merveilleux. Non seulement il accroît les rendements en foin, en grain, en racines, mais encore il a une action très marquée sur la précocité de la végétation.

L'analyse du sol sans engrais nous fait voir qu'en réalité la terre de Cloches est pauvre en acide phosphorique total. Elle dose seulement en effet $0^{gr},46$ de cet élément par kilogramme. Comme on admet que les sols moyennement riches en contiennent 1 gr., on ne saurait être surpris de l'efficacité des engrais phosphatés dans ce terrain.

Si l'on compare entre eux les dosages trouvés dans les parcelles

diversement fumées, on remarque des différences déjà accentuées, car, si l'on égale à 100 le dosage correspondant à la parcelle privée d'acide phosphorique depuis 9 ans, on trouve que les parcelles qui ont constamment reçu du superphosphate ou du phosphate contiennent 124 de cet élément. Il y a un enrichissement d'un quart environ. En nous basant sur les quantités d'acide phosphorique apportées par les engrais et sur celles que les récoltes ont absorbées, nous arrivons à trouver un enrichissement probable de $0^{gr},116$ par kilogramme de terre en moyenne par rapport au sol maintenu sans engrais, et à un enrichissement proportionnel de 126 relativement à la parcelle à l'absence d'engrais phosphaté égalée à 100. L'enrichissement calculé du sol est donc, comme l'enrichissement constaté par l'analyse, de 1/4 environ.

La détermination de l'acide phosphorique total du sol par la méthode plus haut décrite rend donc assez bien compte des modifications du sol par les engrais ; mais toutefois les différences observées ne sont pas véritablement en rapport avec les différences des rendements. Pour serrer de plus près la question, nous avons déterminé dans nos parcelles l'acide phosphorique soluble dans l'acide citrique à 2 p. 100 (acidité en $H = 0,028$). Ce liquide d'attaque a été proposé par la Station agronomique de Halle, et nous avions déjà fait un certain nombre de dosages sur diverses terres du département quand les travaux de Dyer sont arrivés à notre connaissance. Nous n'avons pas cru devoir modifier notre manière d'agir en réduisant notre solution au titre de 1 p. 100, pour ne pas perdre le bénéfice de nos recherches antérieures.

Les résultats consignés au tableau général dans la colonne « A. citrique » nous paraissent intéressants. Avec cette méthode d'analyse les différences de richesse entre les parcelles sans engrais ou sans acide phosphorique et celles qui ont reçu régulièrement des engrais phosphatés s'accentuent très sensiblement.

Si nous égalons à 100 le dosage correspondant à la parcelle V, cultivée sans engrais depuis 10 ans, nous obtenons pour l'ensemble des parcelles qui ont reçu chaque année du superphosphate le nombre proportionnel 216. Ces parcelles sont plus de deux fois plus riches en acide phosphorique soluble à l'acide citrique faible que

celle qui est restée sans aucune fumure. Un enrichissement analogue se constate pour I et II qui ont reçu soit du fumier seul, soit du fumier et du superphosphate.

La méthode à l'acide citrique rend donc mieux compte de la richesse du sol en acide phosphorique assimilable que la méthode à l'acide azotique bouillant. Toutefois, comme on le constate en examinant le dosage de la parcelle III qui a été fumée régulièrement au phosphate naturel, et les parcelles IV et VII qui ont reçu du superphosphate et ont toujours fourni des récoltes largement supérieures, l'attaque par l'acide citrique ne nous peut faire saisir la différence de fertilité bien réelle qui est due à la forme de l'acide phosphorique employé. En III nous trouvons en effet plus d'acide phosphorique soluble à l'acide citrique qu'en IV et VII.

L'emploi de l'acide acétique au tiers agissant à l'ébullition pendant une heure, puis en digestion à la température ordinaire pendant douze heures, ne nous a pas donné des résultats de sens différent, et n'a pas pu nous permettre de nous rendre compte de la différence d'efficacité si nettement constatée par les récoltes. Nous avons trouvé en effet :

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES.	ACIDE phosphorique soluble dans l'acide acétique par kilogramme.
		milligr.
III	Engrais complet au phosphate	31,85
IV	— superphosphate	25,26
V	Sans engrais	22,54
VIII	Sans acide phosphorique	22,05

Ces constatations semblent confirmer les conclusions de M. Dehérain sur les sols où il convient d'employer les superphosphates ; le sol de Cloches, en effet, où ces engrais sont si efficaces, ne renferme que des quantités très faibles d'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique, quantités qui n'atteignent que le 1/10 de la limite qu'il a été conduit à admettre par suite de ses expériences sur les terres de Wardrecques : $0^{gr},2$ par kilogramme.

En 1891 nous avons dosé l'acide phosphorique soluble à l'acide

acétique dans le limon des Plateaux d'Houville et en avons trouvé 0gr,030 par kilogramme ; dans une terre de la Sablonnière appartenant à la formation de l'argile à silex, nous avons trouvé 0gr,043 par kilogramme, et dans une argile du Perche nous n'en avons dosé que 0gr,010. Dans toutes ces terres, les superphosphates et les scories font un excellent effet.

A partir de quelle dose d'acide phosphorique soluble dans l'acide citrique l'emploi des engrais phosphatés n'a-t-il plus d'action marquée sur les rendements ? C'est une question fort importante à résoudre, et malheureusement nos expériences ne nous permettent de le faire que d'une manière très approximative.

Dans ce but, nous avons calculé pour chaque récolte principale la quantité moyenne d'acide phosphorique que la plante avait pu tirer du sol sans engrais pendant notre période décennale d'expériences et nous avons obtenu les nombres suivants :

	ABSORPTION moyenne.
Blé	35 kilogr.
Avoine	68 —
Racines	37 —
Prairies artificielles	43 —
Moyenne générale	45 —

L'analyse du sol sans engrais, à la fin de nos essais, nous ayant donné 32 milligr. d'acide phosphorique soluble à l'acide citrique par kilogramme, nous en déduirons que le sol arable, sur une profondeur de 25 centimètres pesant 3 millions de kilogrammes par hectare, renfermait alors par unité de surface environ 96 kilogr. d'acide phosphorique assimilable. Pour 100 kilogr. de ce dernier existant dans le sol, il a donc pu être absorbé :

	POUR 100.
Blé	36 kilogr.
Avoine	70 —
Racines	38 —
Prairies artificielles	44 —
Moyenne	47 —

D'un autre côté, en expérimentant dans différents sols d'Eure-et-

Loir, nous avons constaté les résultats suivants dans les parcelles sans engrais :

I. — **Champs de Blé.**

LOCALITÉS.	TERRAIN GÉOLOGIQUE.	ACIDE PHOSPHORIQUE soluble à l'acide citrique		ACIDE PHOSPHORIQUE de la récolte.
		par kilogr.	par hectare.	
		milligr.	kilogr.	kilogr.
Garancières	Limon de Beauce	35	105	50
Champrond-en-Perchet	Marnes du Perche	20	60	26
Grouasleux	Limon	66	198	50
Villemesle	Limon	61	183	28
Brétonville	Marnes du Perche	12	36	33
Moronville	Limon	30	90	40
Sours	Limon	59	177	58
Bessay	Limon	28	84	35
	Moyennes		116	41

Rapport de l'acide phosphorique absorbé à l'acide phosphorique soluble à l'acide citrique :

$$\frac{41 \times 100}{116} = 35 \text{ p. } 100.$$

II. — **Avoine.**

LOCALITÉS.	TERRAIN GÉOLOGIQUE.	ACIDE PHOSPHORIQUE soluble à l'acide citrique		ACIDE PHOSPHORIQUE absorbé.
		par kilogr.	par hectare.	
		milligr.	kilogr.	kilogr.
Le Gueslain	Argile à silex	9	27	27
Cottainville	Limon	20	60	40
Alluyes		27	81	64
Malainville		45	45	66
Meslay-le-Grenet		34	102	37
	Moyennes		63	47

Rapport de l'acide phosphorique absorbé à l'acide phosphorique dosé :

$$\frac{47 \times 100}{63} = 75 \text{ p. } 100.$$

III. — Maïs.

LOCALITÉS.	TERRAIN GÉOLOGIQUE.	ACIDE PHOSPHORIQUE soluble à l'acide citrique		ACIDE PHOSPHORIQUE absorbé.
		par kilogr.	par hectare.	
		milligr.	kilogr.	kilogr.
Ollé	Limon	58	174	58
Badonville	Limon	25	75	35
Majainville	Limon	18	54	72
La Bazoche-Gouët	Argile à silex	26	78	24
Bray	Marnes du Perche	8	24	55
Vaujoly	Limon	30	90	25
Villemesle	Argile à silex	13	39	18
Bessay	Limon	40	120	41
Gas	Sable de Fontainebleau	35	105	48
	Moyennes		84	39

Rapport de l'acide phosphorique absorbé à l'acide phosphorique dosé :

$$\frac{39 \times 100}{84} = 47 \text{ p. } 100.$$

On voit que pour le blé et l'avoine les absorptions relatives sont les mêmes à Cloches comme ailleurs et nous pouvons admettre les moyennes générales qui suivent :

Blé	35 p. 100
Avoine	70 —
Racines	37 —
Prairies artificielles	43 —
Maïs	47 —
Moyenne générale	46 —

Il faut donc, d'une manière générale, que le sol renferme au

moins deux fois plus d'acide phosphorique soluble à l'acide citrique, *à un moment donné,* que la récolte qu'on peut espérer n'en renferme. Le blé étant la récolte principale et n'absorbant pas plus du tiers de l'acide phosphorique préexistant, il faut compter que les engrais phosphatés assimilables seront efficaces dès que le sol renfermera moins de trois fois le besoin absolu d'acide phosphorique de la récolte type de 40 hectolitres, soit 215 kilogr. Cela correspond à un dosage par kilogramme de 70 milligr. au minimum.

En admettant avec B. Dyer la limite de 100 milligr., on doit donc se rapprocher de la vérité, mais il pourrait se faire que l'on soit encore au-dessous dans certains cas, d'après le dosage que nous avons obtenu dans notre parcelle n° III enrichie par le phosphate naturel jusqu'à doser $0^{gr},100$ d'acide phosphorique soluble par kilogramme et dont malgré cela la fertilité reste très inférieure à celle des parcelles IV et VII enrichies par le superphosphate. Aussi croyons-nous qu'il n'y a pas d'inconvénient à adopter la limite à laquelle s'est arrêté M. Dehérain pour le dosage de l'acide phosphorique soluble à l'acide acétique, soit 200 milligr. par kilogramme.

Potasse. — Il résulte de nos dix années de culture que le sol du champ d'expériences de Cloches voit augmenter sa production sous l'influence des engrais potassiques. Nous avons constaté, plus haut, cette action favorable sur le froment, l'avoine, la luzerne, les betteraves fourragères ou à sucre, les pommes de terre et les carottes fourragères. Il n'est donc pas douteux que notre terrain ne soit trop pauvre en *potasse assimilable* pour assurer des récoltes maxima.

Or, le dosage de la potasse dans les différentes parcelles, exécuté après attaque de la terre par l'acide azotique bouillant pendant cinq heures, et poursuivi d'après la méthode que nous avons précédemment décrite, nous donne une moyenne générale de $3^{gr},71$ de cet élément fertilisant par kilogramme de terre fine sèche, ce qui correspond à un poids total de 11 130 kilogr. à l'hectare. D'après ce résultat moyen, on ne saurait être induit à penser qu'un tel sol pût bénéficier de l'emploi des sels de potasse comme fumure. Qu'est-ce, en effet, à côté de cette énorme provision que 100 à 200 kilogr. de

chlorure de potassium à 50 p. 100 de potasse? Moins de 1/2000e ou de 1/1000e.

Si l'on songe que l'attaque par l'acide azotique bouillant ne peut solubiliser tous les silicates alcalins, on est encore frappé davantage de la disproportion qu'il y a entre le stock de potasse du sol et la quantité de cette base que les récoltes peuvent en tirer.

En considérant la bande cultivée sans engrais, nous avons calculé la quantité de potasse prélevée par les récoltes et nous sommes arrivés à une moyenne annuelle de 89 kilogr. L'absortion a pu s'élever à 111 kilogr. dans la sole A et à 104 kilogr. dans la sole C.

Dans la bande qui a reçu seulement de l'azote et de l'acide phosphorique (n° VI), le seul sol bien pourvu de ces deux éléments fertilisants se trouvait dans les meilleures conditions possibles pour l'utilisation de sa potasse assimilable naturelle par les récoltes. L'assimilation moyenne y a été de 113 kilogr. de potasse par an. Elle s'est élevée à 138 et 140 dans les soles A et B.

Si nous considérons, d'autre part, les prélèvements des récoltes de céréales, de racines ou de légumineuses fourragères semées sur la même parcelle n° VI, nous constatons qu'elles ont respectivement tiré du sol les quantités moyennes suivantes de potasse :

Céréales.	107 kilogr.
Légumineuses.	99 —
Racines	195 —

Il y a très loin entre ces absortions et le poids du stock de potasse existant dans le sol ; entre 11 000 kilogr. et un maximum de 200 kilogr. Et cette comparaison nous semble permettre de douter de l'utilité du dosage de la potasse par attaque violente, pour l'étude des besoins d'engrais du sol.

En examinant les dosages relatifs à chaque parcelle, on ne voit entre le sol sans engrais et celui qui a reçu constamment de la potasse que des différences relatives faibles, et dans un sens qui ne saurait coïncider avec la réalité des faits. Nous avons trouvé en effet en moyenne dans les parcelles qui ont régulièrement reçu du chlorure de potassium 3gr,72 de potasse par kilogramme, tandis que la parcelle sans engrais nous a donné 4gr,10. Pour 100 de potasse dans le sol sans

engrais, nous en avons 90 dans le sol fumé. L'inverse serait plus facile à comprendre, car, en partant des récoltes faites et des engrais ajoutés au terrain, nous arrivons à conclure qu'il devait y avoir dans l'ensemble des parcelles fumées $0^{gr},053$ environ de potasse en plus que dans la parcelle sans engrais.

Il y a quelques années, sur des échantillons qui n'avaient pas malheureusement été prélevés avec tous les soins nécessaires, nous avions dosé la potasse en attaquant la terre par l'acide azotique, évaporant doucement au bain de sable jusqu'à siccité, puis en reprenant par l'eau bouillante. Dans ces conditions, qui sont celles où, jusqu'ici, nous avions pratiqué le dosage de la potasse dans les terres, nous avions trouvé dans la parcelle sans engrais seulement $0^{gr},86$ de potasse par kilogramme, tandis que les parcelles fumées au chlorure de potassium nous en donnaient $0^{gr},94$. D'après les nombres fournis par cette méthode, nous avions conclu, d'accord avec les résultats culturaux, et avec la manière de voir de M. Risler, qu'un sol dosant moins de 1 gr. de potasse par kilogramme devait être considéré comme demandant des engrais potassiques, au moins quand on le cultivait sans fumier. Des essais culturaux faits dans d'autres sols analysés de la même manière avaient semblé confirmer cette proposition. En mettant en comparaison ces résultats du dosage de la potasse par une attaque très violente d'un côté, et par une attaque plus modérée de l'autre, nous avons été amené à penser que, pour obtenir par l'analyse des nombres sur lesquels il soit possible de s'appuyer dans le but d'apprécier l'aptitude du sol à nourrir les plantes, il fallait renoncer aux procédés suivis jusqu'à présent, procédés d'une énergie excessive et hors de toute proportion avec la puissance d'action des racines des plantes. C'est pourquoi nous avons fait, sur la terre de chacune de nos parcelles, le dosage de la potasse attaquable par l'acide citrique en solution à 2 p. 100 d'abord, pour nous rapprocher des indications de Dyer et de la méthode suivie à la Station agronomique de Halle pour l'acide phosphorique assimilable.

Les difficultés de la destruction de l'acide citrique, soit par la calcination à basse température, soit par l'acide sulfurique bouillant, dans des recherches où il y a de nombreuses analyses à exécuter,

nous ont amené enfin à substituer à l'acide citrique à 2 p. 100 l'acide azotique en solution très étendue, d'une acidité équivalente à l'acidité moyenne du suc radical d'après Dyer.

Les résultats que fournissent ces deux méthodes d'analyse et surtout la dernière, nous paraissent bien plus satisfaisants que ceux obtenus par attaque violente. Les parcelles V et VI, privées d'engrais potassiques depuis 9 ans avant l'analyse, donnent un dosage moyen de $0^{gr},17$ par kilogramme. On trouve dans les parcelles qui ont été fumées avec des sels potassiques des doses de potasse notablement plus fortes.

Par la méthode citrique, nous trouvons dans les parcelles qui ont reçu de la potasse une moyenne de $0^{gr},26$ de cet élément, soit $0^{gr},09$ de plus que dans la parcelle cultivée sans potasse. Nous avons dit que la différence probable entre le sol sans engrais et les parcelles fumées devait être voisine de $0^{gr},053$. Il y a certainement ici analogie de grandeur entre les différences trouvées et calculées.

Cette analogie devient plus étroite avec l'emploi de l'acide azotique en solution étendue, présentant une acidité exprimée en hydrogène de 0.013 p. 100. Les parcelles à potasse ont présenté un dosage moyen de $0^{gr},222$ par kilogramme, en excès de $0^{gr},052$ sur les parcelles sans engrais ou sans potasse.

Si l'on prend pour unité le dosage de potasse de la parcelle sans potasse, on reconnaît que la moyenne des dosages des parcelles qui ont reçu cet élément fertilisant dans la fumure est de 52 p. 100 plus élevée dans ces dernières par l'attaque à l'acide citrique à 2 p. 100 et de 30 p. 100 plus forte par l'attaque à l'acide azotique faible. Ces différences proportionnelles sont assez nettes pour qu'il n'y ait pas de doute sur la signification à leur donner.

C'est pourquoi nous pensons devoir employer dans l'avenir la méthode d'attaque par l'acide azotique à 0.013 p. 100 d'acidité exprimée en hydrogène que nous avons décrite plus haut pour la recherche de la potasse utilisable des sols. On n'obtient ainsi, d'après M. Schlœsing, que la potasse fixée sur les particules du sol par le pouvoir absorbant, à l'exclusion de la potasse des silicates qui ne devient assimilable qu'à la longue.

Il résulte également de notre étude qu'un sol qui renferme moins

de $0^{gr},17$ de potasse attaquable par l'acide azotique faible ou par l'acide citrique à 2 p. 100 se trouve bien de l'emploi des engrais potassiques. A partir de quel dosage l'engrais potassique devient-il inutile? Nos expériences de Cloches ne nous permettent pas d'en décider.

Pour chercher à résoudre cette question, nous avons dosé la potasse soluble dans l'acide citrique dans différents sols où nous avions cultivé le maïs, avec et sans potasse.

Dans les sols où l'emploi du chlorure de potassium nous a donné des résultats avantageux, nous avons trouvé les quantités suivantes de potasse soluble à l'acide citrique à 2 p. 100 par kilogramme de terre fine :

Gas.	0.258 p. 100
Ollé.	0.288 —
Bray.	0.324 —
Bessay.	0.378 —
Le Bazoche-Gouët	0.276 —
Vaujoly	0.246 —
Majainville	0.324 —

Tandis que dans la terre de Badonville où le maïs n'a pas éprouvé d'augmentation de rendement par l'emploi de la potasse, nous avons dosé par kilogramme de terre $0^{gr},45$ de cet élément. En ce qui concerne les céréales généralement cultivées dans ces terrains : blé, avoine, orge, les praticiens n'ont pas reconnu utile l'emploi de la potasse. Il est donc probable que le maïs, par son mode de végétation rapide, se montre plus exigeant sous ce rapport.

Dans le champ d'expériences de Cloches, où l'emploi de la potasse s'est montré utile pour la généralité des récoltes, nous trouvons par hectare, pesant 3 millions de kilogrammes, 450 kilogr. de potasse soluble à l'acide citrique dans la parcelle sans engrais depuis 10 ans. Nous avons vu plus haut quel avait été le prélèvement moyen des racines, céréales et fourrages, et nous pouvons en déduire que les plantes en question ont pu tirer du sol pour leurs besoins :

Céréales.	23 p. 100
Prairies artificielles. .	22 —
Racines	42 — de la potasse soluble en acides faibles.

Si nous admettons qu'il faille à une bonne récolte de céréales 150 kilogr. de potasse, à une bonne récolte de racines 300 kilogr. et 160 kilogr. à une bonne récolte de prairie, nous en déduisons que le sol doit renfermer pour les produire un minimum de 652 kilogr. pour les céréales, soit $0^{gr},22$ par kilogramme; de 714 kilogr. pour les racines, $0^{gr},24$ par kilogramme; et de 728 kilogr. pour les prairies ou $0^{gr},24$. Il faudrait donc environ au moins 1/4 de gramme par kilogramme de terre, en potasse soluble à l'acide citrique à 2 p. 100 pour assurer l'alimentation d'une bonne récolte, sans oublier que, pour les plantes exigeantes comme le maïs, la potasse a encore de l'effet avec un dosage de $0^{gr},40$.

Pour ce qui concerne la potasse soluble dans l'acide azotique à 1 p. 100, par le même raisonnement et le même procédé de calcul, nous arrivons à trouver que le minimum nécessaire ne doit pas être éloigné de $0^{gr},27$ par kilogramme.

En chiffres ronds, nous pouvons donc admettre provisoirement qu'un sol privé de fumier ressentira les bons effets de la potasse des engrais quand il dosera moins de $0^{gr},3$ de cet élément soluble dans l'acide citrique ou l'acide azotique faible par kilogramme.

CULTURE DES FÉVEROLES EN 1894.

Le 18 mars 1894 nous avons semé des féveroles dans six grands pots contenant chacun 30 kilogr. de terre, ayant un diamètre de $0^{m},40$ avec une profondeur de $0^{m},31$. Ceux-ci étaient placés dans l'une des bâches de la salle de végétation et noyés dans de la sciure de bois blanc. Dans chacun d'eux nous avons placé 9 graines de féveroles, régulièrement disposées, et enterrées à $0^{m},03$ de profondeur.

La levée a commencé le 27 mars, et quelques jours après on a donné à chaque pot, sous forme de solution :

Potasse à l'état de chlorure.	1 gr.
Acide phosphorique soluble à l'eau	2

Le sol a été ensuite recouvert d'une mince couche de sciure de bois blanc pour empêcher qu'il ne durcît sous l'action des arrosages.

Le 4 mai, nous avons fait la récolte de deux pots. La hauteur moyenne des tiges atteignait 0m,39. Les photographies I et II montrent le développement de ces féveroles avant la récolte, et celui de leurs racines.

Les 18 plantes qui peuplaient nos deux pots ont donné après dessiccation à 100° les poids suivants :

Parties aériennes	32 gr.
Racines	9
Total	41 gr.

Le poids d'un plant moyen était dès lors :

Parties aériennes	1gr,78
Racines	0 ,50
Poids du plant moyen	2gr,28

A 100 gr. de plante entière sèche correspondaient :

Tiges et feuilles	78.07
Racines	21.93

Si l'on rapporte les racines au poids des parties aériennes, qui constituent la récolte proprement dite, on trouve qu'elles atteignent 28.1 p. 100.

L'analyse de la matière sèche des tiges et des racines a fourni, à cette époque, les résultats suivants :

	TIGES.	RACINES.
Azote	4.73	3.19
Acide phosphorique	0.626	0.626
Chaux	2.24	2.01
Potasse	4.60	3.29

En combinant les données qui précèdent, nous pouvons cal-

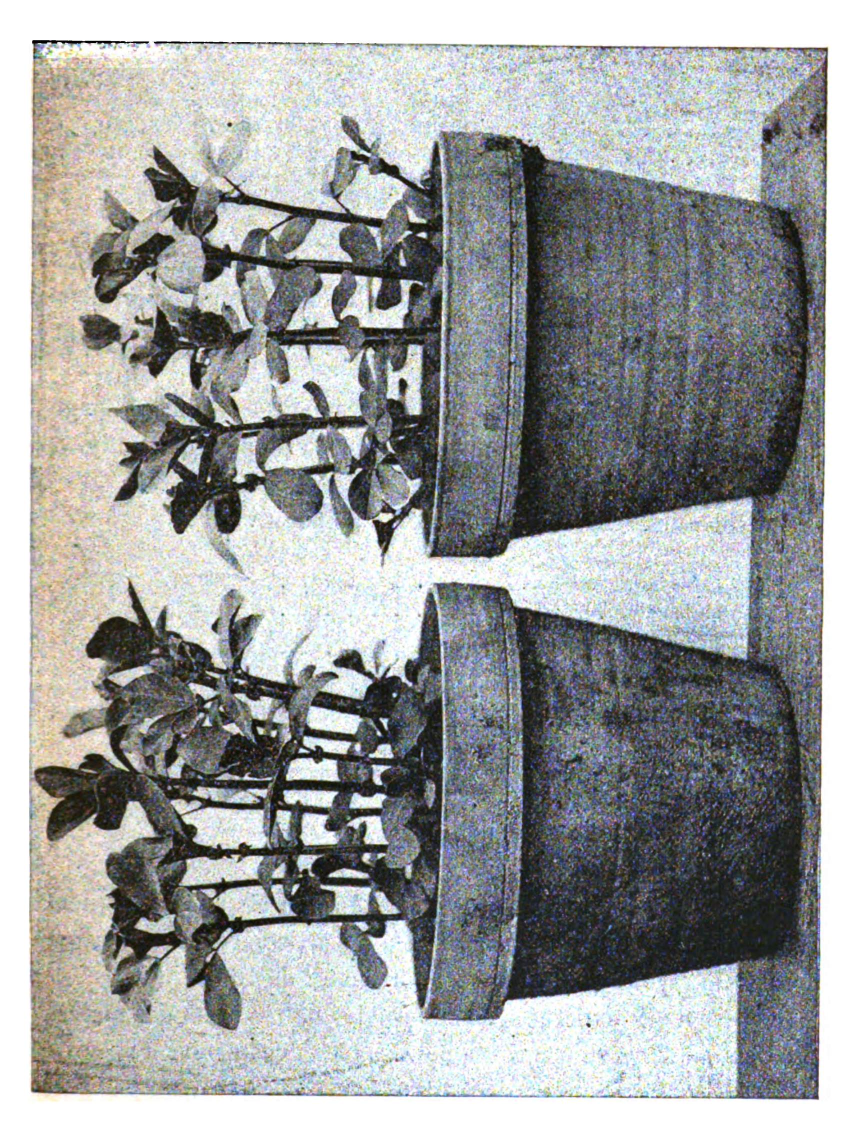


Fig. 1. — Féveroles (1re période).

culer la composition de la plante moyenne lors de la première récolte :

	MATIÈRE sèche.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	CHAUX.	POTASSE.
	gr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
Tiges.	1,78	84,19	11,14	39,87	81,88
Racines.	0,50	15,95	3,13	10,05	16,45
Total. . . .	2,28	100,14	14,27	49,92	98,33

La floraison des féveroles, qui avait commencé le 4 juin, était dans son plein le 19 du même mois. Après les avoir photographiés, nous avons fait la récolte de deux pots, comptant chacun 9 plantes, soit 18 en tout.

Après la séparation de la terre des racines, nous avons fixé l'image d'une plante choisie dans la moyenne par la photographie (*fig. 3 et 4*).

La récolte desséchée nous a donné les poids suivants :

Parties aériennes.	280 gr.
Racines.	45
Total	325 gr.

La plante moyenne de féverole était donc constituée comme il suit :

Parties aériennes.	15gr,56
Racines.	2 ,50
Plante entière.	18gr,06

La proportion des racines à la plante entière est par conséquent de 13.84. Si l'on rapporte les racines à la partie aérienne seule, qui constitue la récolte agricole, la proportion est de 16.06.

L'analyse de la matière sèche des parties aériennes et des racines nous a donné les résultats consignés dans le tableau suivant :

	PARTIES aériennes.	RACINES.
Azote.	2.74	2.16
Acide phosphorique	0.468	0.428
Chaux.	2.01	1.56
Potasse.	3.26	1.44

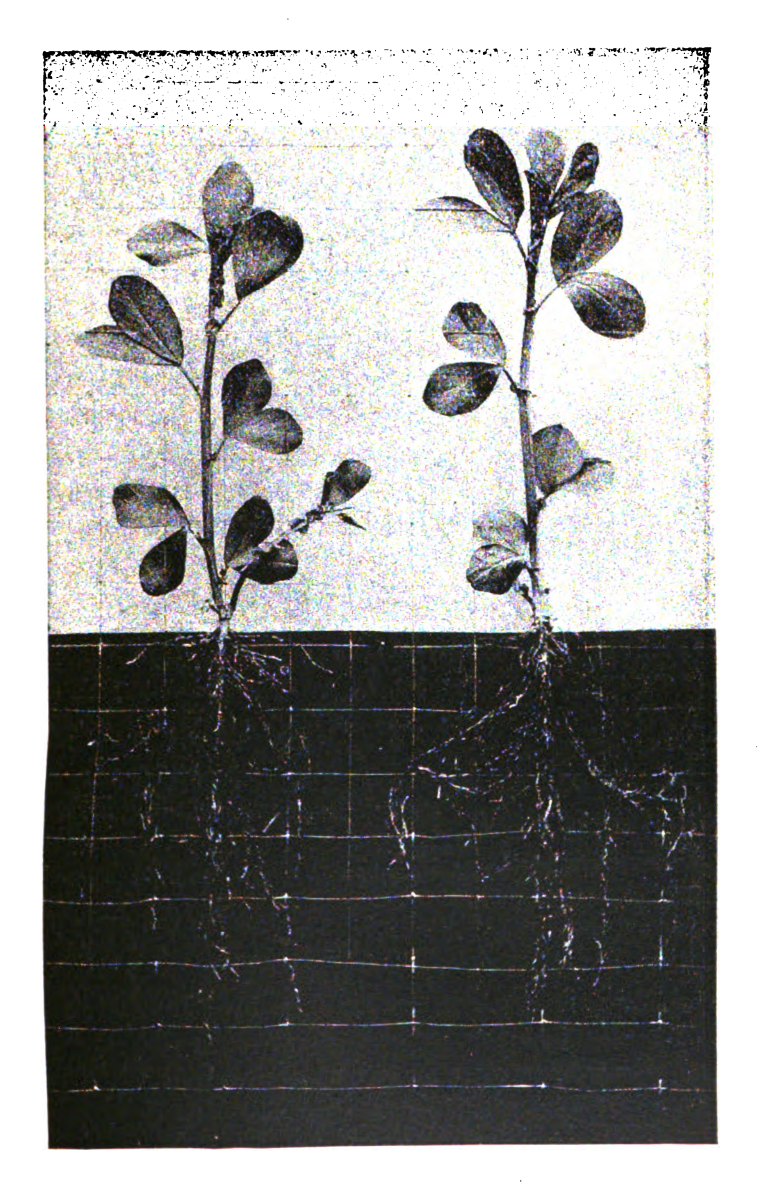


Fig. 2. — Féveroles (1re période).

D'après ces données, nous établissons la composition de la plante moyenne entière, en pleine floraison, comme il suit :

	MATIÈRE sèche.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	CHAUX.	POTASSE.
	—	—	—	—	—
	gr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
Parties aériennes. .	15,56	384,33	72,82	312,75	507,25
Racines.	2,50	54,00	10,70	39,00	36,00
Plante entière . . .	18,06	438,33	83,52	351,75	543,25

Nos deux derniers pots de féveroles étaient complètement mûrs le 31 août. Après les avoir photographiés, ils ont été récoltés, et nous avons choisi pour la reproduire une plante moyenne avec ses racines (*fig. 5 et 6*).

Chaque pot comptait 8 plantes. Notre récolte en comprenait par suite 16 en tout. Après avoir été desséchées elles nous ont donné les résultats suivants :

Parties aériennes. .	Tiges, feuilles, cosses.	380 gr.
	Grains.	310
Racines		49
	Total.	739 gr.

Le poids d'une plante moyenne sèche était dès lors :

Parties aériennes. .	Grains.	19gr,37
	Paille et cosses	23 ,74
Racines.		3 ,06
	Total.	46gr,17

Pour 100 parties de plante entière on trouve par conséquent :

Graines sèches.	41.95
Tiges, feuilles, cosses.	51.42
Racines	6.63
	100.00

Si l'on rapporte les racines à 100 parties de récolte aérienne sèche, on trouve la proportion de 7.1.

La proportion des grains à la paille s'élève d'autre part à 81.5.

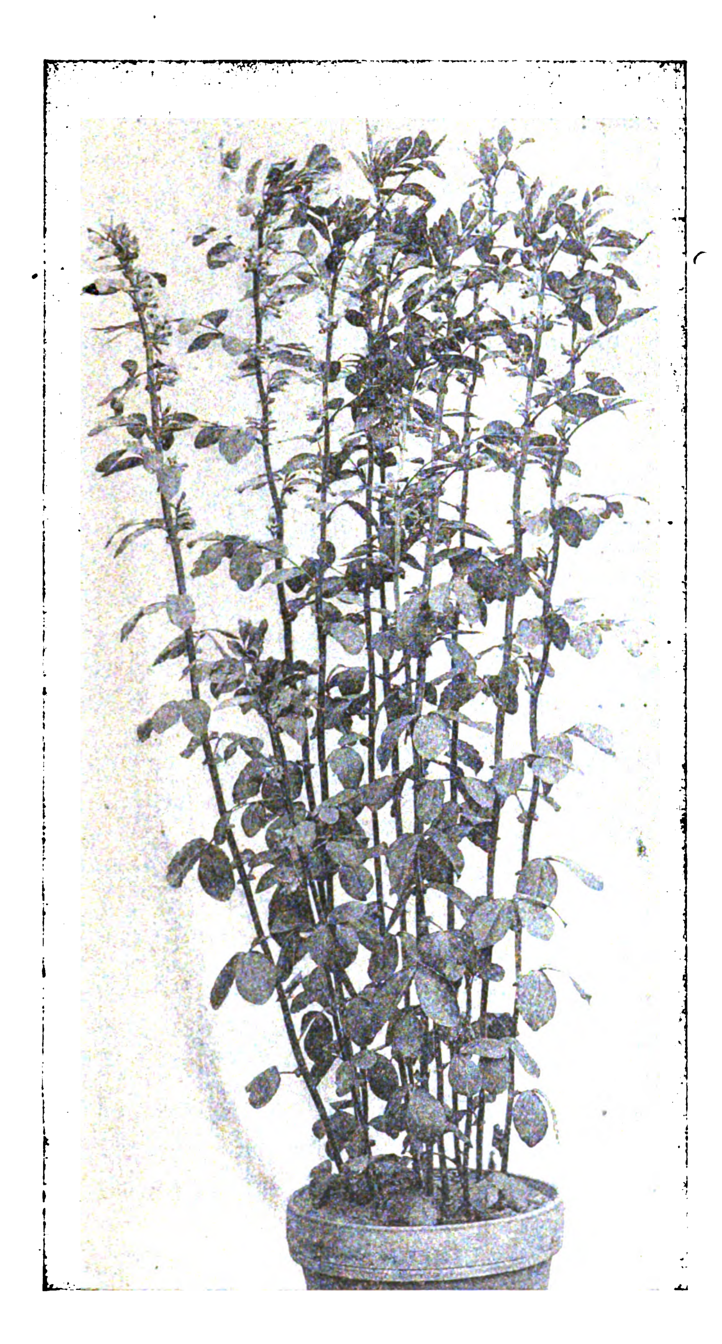


Fig. 3. — Féveroles à la floraison.

L'analyse des différentes parties de la récolte nous a donné les résultats suivants :

	GRAINS.	PAILLE.	RACINES.
Azote	4.79	1.03	1.44
Acide phosphorique	0.893	0.139	0.212
Potasse	1.744	2.08	1.05
Chaux	0.256	1.23	1.68

La plante moyenne entière présente par conséquent la composition suivante :

	MATIÈRE sèche.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	CHAUX.	POTASSE.
	gr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
Grains	19,37	947,26	172,90	49,58	337,80
Paille et cosses	23,74	244,50	32,99	292,00	493.80
Total des parties aériennes	(43,11)	(1191,76)	(205,89)	(341,58)	(831,60)
Racines	3,06	95,47	14,05	111,40	69,61
Total de la plante entière	46,17	1287,23	219,94	452,98	901,21

Nous condensons dans le tableau qui suit la composition de la plante entière aux divers stades de son développement :

	1re RÉCOLTE.	FLORAISON pleine.	MATURITÉ.
	milligr.	milligr.	milligr.
Matière sèche	2 280	18 060	46 170
Azote	100	438	1 287
Acide phosphorique	14	83	220
Potasse	98	513	901
Chaux	50	352	453

C'est à la maturité que le poids de la matière sèche, comme celui des quatre éléments nutritifs dosés, atteint son maximum. A la même époque aussi le poids absolu des tiges et respectivement des racines se trouve le plus élevé.

Au contraire la proportion des racines pour 100 de parties aériennes va en diminuant graduellement. Elle passe de 28.1 au moment de la première récolte à 16.6 en pleine floraison et à 7.1 à la maturité.

Si nous supposons un hectare de féveroles semé en lignes espacées de 0m,33, avec une plante tous les 0m,10 sur la ligne, on y comp

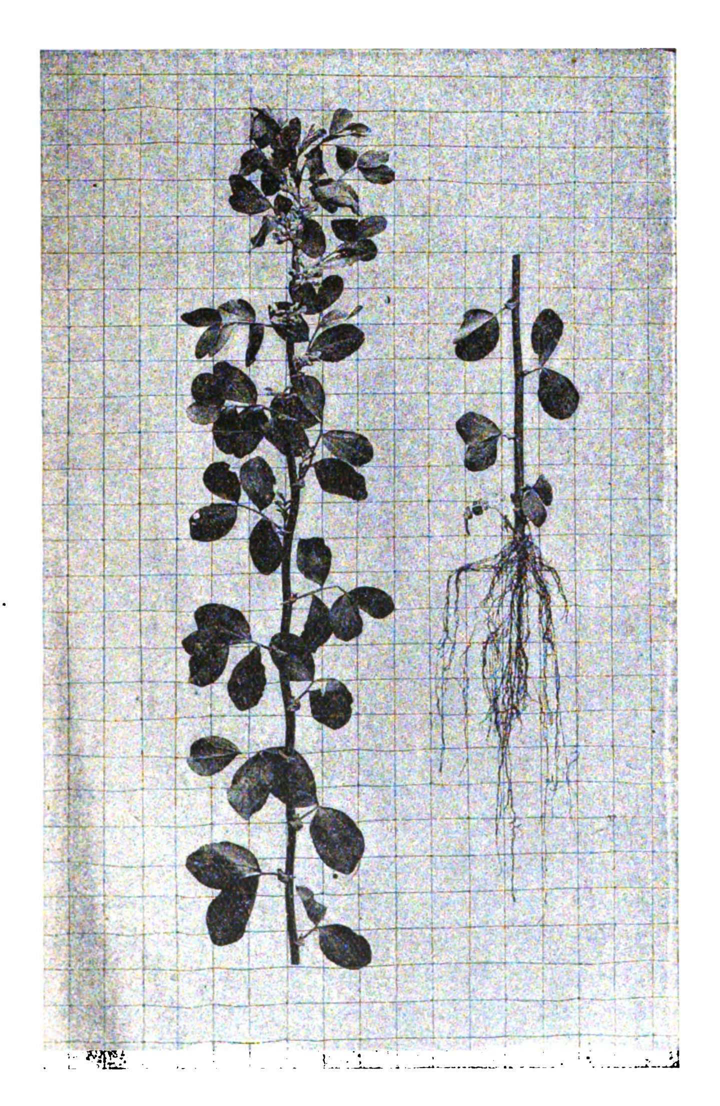


Fig. 4. — Féveroles à la floraison.

tera en nombre rond 300 000 plantes. D'après Stœckhardt, chaque féverole a besoin de 2 décimètres carrés de surface pour atteindre

tout son développement ; dans notre hypothèse chaque plante jouirait de 3 décimètres et un tiers. Dans ces conditions, un champ peuplé de plantes aussi belles que celles de nos cultures en pots donnerait un rendement de 58 quintaux de grain sec à l'hectare ou 67 quintaux de grain à 14 p. 100 d'eau. A raison de 80 kilogr. l'un, cela correspond à 76 hectolitres. A. Young en a récolté jusqu'à 120 hectolitres. Une telle récolte aurait prélevé les quantités suivantes d'éléments nutritifs :

	1re PÉRIODE 38 jours.	FLORAISON.	MATURITÉ.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Matière sèche	684	5 418	13 851
Azote	30	131	386
Acide phosphorique	4	25	66
Chaux	15	105	136
Potasse	29	163	270

Une belle récolte, comme celle que nous envisageons, exige donc par hectare :

Azote	386 kilogr.
Acide phosphorique	66 —
Chaux	136 —
Potasse	270 —

Nous savons que la plus grande portion de l'énorme quantité d'azote qu'on trouve dans la récolte provient de l'azote gazeux que la plante assimile par l'intermédiaire des bactéries qui vivent dans les nodosités de ses racines. Ces nodosités se sont montrées abondantes et volumineuses dans nos cultures. Quant aux aliments minéraux, tels que l'acide phosphorique, la potasse et la chaux, ils ne sauraient avoir d'autre origine que le sol ou les engrais.

Le premier de ces corps est absorbé en moindre quantité par la féverole que par un blé parfaitement réussi. La chaux et la potasse au contraire sont consommées en quantités beaucoup plus fortes.

Examinons maintenant la marche que suit d'une part la formation de la matière végétale, et de l'autre l'assimilation des éléments nutritifs. Dans ce but prenons comme point de comparaison le maximum de matière formée ou absorbée, et l'égalant à 100, rapportons-



Fig. 5. — Féveroles à la maturité.

lui les quantités que nous avons constatées dans les plantes lors des diverses récoltes :

	1re RÉCOLTE.	FLORAISON pleine.	MATURITÉ.
	—	—	—
Matière sèche formée	4.94	39.12	100
Azote absorbé	7.77	34.03	100
Acide phosphorique absorbé	6.36	37.73	100
Chaux absorbée	11.04	77.70	100
Potasse absorbée	10.88	60.27	100

Le graphique de la page 173 rend sensibles à la vue les phénomènes de nutrition que nous avons à étudier ici. Sur l'axe des x sont reportés les temps, et chaque division correspond à dix jours de végétation. Pour chacune de nos trois récoltes, nous avons porté en ordonnées sur l'axe des y les proportions centésimales par rapport aux maxima des éléments nutritifs absorbés et de la matière sèche formée. Cela nous a permis de tracer, à côté de la courbe de la formation de la matière sèche, les courbes de l'absorption des éléments nutritifs considérés.

Depuis la levée jusqu'à l'apparition des premières fleurs, la marche de l'absorption des éléments nutritifs est pour tous, sans exception, plus rapide que celle de la formation de la substance végétale. Cela implique chez la jeune plante, comme nous l'avons démontré à propos des céréales[1], un besoin de ces aliments sous forme très assimilable, besoin d'autant plus fort que les courbes des éléments nutritifs forment un angle plus ouvert avec l'axe du temps et s'élèvent davantage au-dessus de la courbe de la matière sèche. Ce sont la chaux et la potasse qui sont absorbées avec le plus d'avidité ; l'azote ne vient qu'au troisième rang et l'acide phosphorique ferme la marche. A partir du quarantième jour après la levée, le besoin de chaux principalement, et de potasse s'accentue fortement jusqu'à la pleine floraison, tandis que, au contraire, l'absorption de l'azote et de l'acide phosphorique devient moins intense. A l'apparition de la première fleur, les courbes de ces deux éléments nutritifs passent au-dessous de celle de la matière sèche. La courbe de l'acide phosphorique devient sensiblement parallèle avec cette dernière, et celle

1. Voir le chapitre III des *Céréales*. Firmin-Didot, 1894.

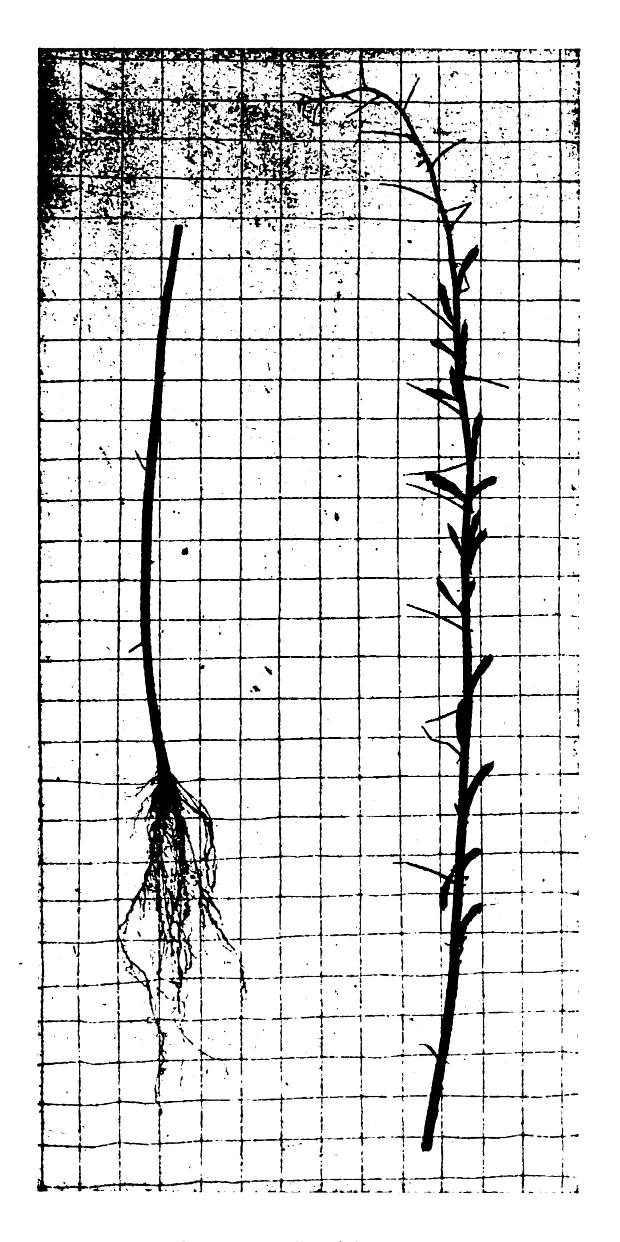


Fig. 6. — Lentilles à la maturité.

de l'azote ne s'éloigne pas beaucoup du parallélisme, tout en se maintenant à un niveau légèrement inférieur.

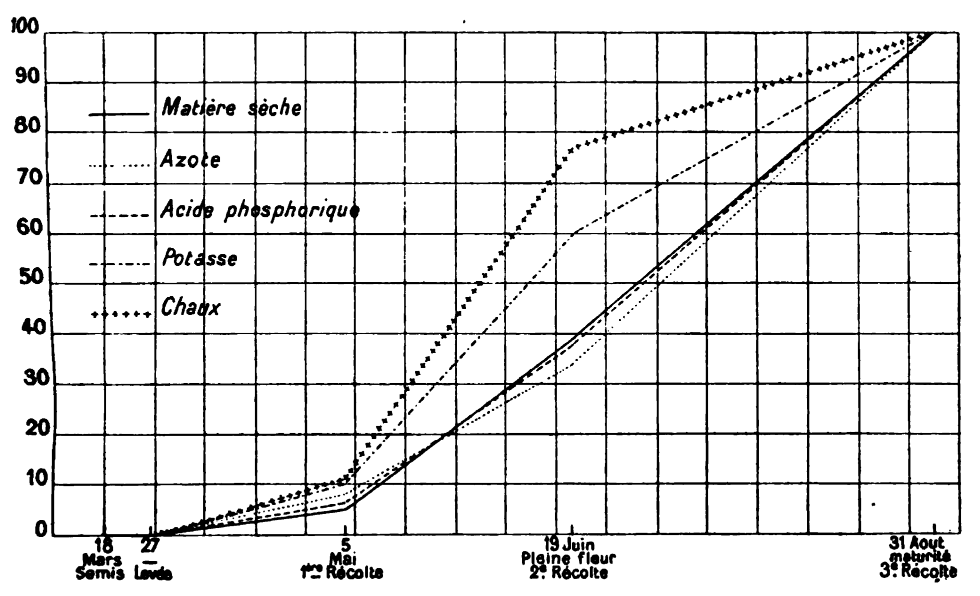
La plante qui nous occupe nous semble donc être surtout exigeante en chaux et en potasse, et cela principalement jusqu'à la pleine floraison. Elle a en outre besoin d'une petite quantité d'azote et d'acide phosphorique assimilables dans les premières semaines de sa végétation. Ce besoin pour l'azote se conçoit facilement si l'on songe qu'il faut un certain temps pour que se développent et puissent fonctionner efficacement les bactéries des racines.

L'absorption des éléments nutritifs a lieu par les racines, dont le suc acide, venant en contact des grains du sol au travers de la membrane végétale des tissus, dissout ceux d'entre eux qui ne sont pas naturellement solubles. Plus les racines sont étendues, plus facile a la plante de tirer parti des éléments du sol, car les points de contact avec les grains terreux sont plus considérables. C'est cette pensée qui nous a conduit à étudier le développement radiculaire des végétaux dont nous cherchons à déterminer les besoins d'engrais. Si les plantes à grand système radiculaire sont plus aptes à se nourrir aux dépens des réserves du sol qu'elles peuvent fouiller dans tous les sens, par contre elles sont moins sensibles à l'action des engrais. D'un autre côté la durée de la période végétative influe nettement sur l'utilisation des ressources alimentaires propres du sol. Un végétal qui doit absorber 100 kilogr. d'un élément nutritif à l'hectare en 250 jours, aura moins besoin d'engrais qu'un autre qui devra en absorber la même quantité en 150. Si l'on calcule pour chaque période de végétation la quantité de chaque élément nutritif qu'a dû absorber en 24 heures l'unité de racines, on obtient des nombres très suggestifs pour la solution du problème qui nous occupe. Pour déterminer le travail radiculaire diurne, nous divisons la totalité du principe nutritif absorbé pendant la durée de la période par le nombre de jours que celle-ci comprend. Le quotient obtenu est ensuite divisé par le poids moyen des racines qui ont concouru à l'absorption. Pour la première période, le poids total de substance absorbé correspond à la quantité qu'en renferme la plante moyenne à la première récolte, et le poids moyen des racines est égal au total des racines à ce moment divisé par deux, puisque les racines ont aug-

menté progressivement de 0 jusqu'à ce poids. Pour les périodes suivantes, le poids d'un élément absorbé est égal à la différence des poids du principe constaté dans la plante moyenne au commencement et à la fin de la période considérée. Le poids moyen des racines

Féveroles de printemps 1894.

Marche de l'absorption des éléments nutritifs en centièmes des maxima.



est la moyenne arithmétique entre le poids du système radiculaire au début et à la fin de la phase de végétation dont on s'occupe.

Le tableau suivant donne le travail radiculaire diurne de la féverole, rapporté à 1 gr. de racines sèches :

	I De la levée au 39e jour. — milligr.	II Du 39e jour à la pleine floraison (45 jours). — milligr.	III De la pleine floraison à la maturité (72 jours). — milligr.
Azote.	10,27	5,00	4,25
Acide phosphorique . .	1,46	1,03	0,68
Chaux.	4,60	4,47	0,50
Potasse.	10,08	6,59	1,79
Total. . .	26,41	17,09	7,22

Avant la formation de la première fleur, la féverole absorbe quotidiennement, en somme, 26^{mgr},41 d'éléments nutritifs par gramme de racines sèches. Du quarantième jour à la pleine floraison, le travail radiculaire diminue et n'est plus que de 17 milligr. Il tombe enfin à 7^{mgr},22 pendant la période de maturation. Si nous prenons pour unité le travail radiculaire le moins élevé, nous arrivons aux nombres suivants :

Maturation.	1.00
Floraison.	2.37
Premières six semaines.	3.64

Le besoin d'aliments facilement assimilables est donc trois fois et demie plus fort pendant la première période, et plus de deux fois encore durant la seconde que pendant la dernière.

En examinant le travail radiculaire relatif à l'*azote,* on le trouve double pendant les six premières semaines de ce qu'il est ensuite. Il conviendrait donc de donner à la féverole une petite quantité d'azote soluble pour favoriser le premier début de sa végétation et lui permettre d'attendre que les bactéries des nodosités soient assez développées pour assurer son alimentation azotée ; mais cela seulement dans les sols qui sont peu pourvus d'azote ou qui nitrifient mal.

Pour l'acide phosphorique, le besoin de son addition au sol comme engrais, sauf le cas des sols pauvres, bien entendu, est peu intense en général. C'est toutefois au début de la végétation qu'il est le plus utile. Il suffira de le fournir à la récolte en quantité suffisante (400 kilogr. de scories, par exemple) sous une forme moyennement attaquable, car la plante a tout le temps nécessaire pour s'en emparer au jour le jour.

Pour la chaux, le travail d'absorption est sensiblement constant jusqu'à la pleine floraison. Pendant la maturation, il devient neuf fois moins intense.

En ce qui concerne la potasse, le travail radiculaire quotidien est énorme avant l'apparition de la première fleur, et il est élevé jusqu'à la phase de la maturation, pendant laquelle il tombe beaucoup plus bas que pour l'azote. En prenant le travail radiculaire de

cette période pour unité, on arrive aux nombres proportionnels suivants :

Maturation.	1.00
Floraison.	3.67
Six premières semaines.	5.63

Il en résulte que les engrais potassiques très assimilables doivent être très favorables au développement de la légumineuse qui nous occupe, de même que la nature argilo-calcaire du terrain. Le chlorure ou le sulfate de potassium marqueront leur effet bien plus nettement que les superphosphates.

Ces déductions, tirées de nos recherches de laboratoire, concordent parfaitement avec les conclusions qu'ont tirées MM. Lawes et Gilbert de leurs belles expériences sur les féveroles, et cet accord est une nouvelle preuve précieuse de la valeur agronomique de la méthode que nous avons suivie pour étudier les besoins d'engrais des céréales, du lin, du colza, des féveroles et des lentilles. Ils ont reconnu en effet que :

1° Avec la potasse seule, comme engrais, l'accroissement de la récolte est considérable;

2° Avec un mélange de potasse, de soude et de magnésie, on obtient également un excédent de récolte fort élevé;

3° Les superphosphates de chaux seuls n'augmentent pas le rendement des féveroles;

4° Les superphosphates mélangés à la potasse agissent très sensiblement sur elles, mais toutefois moins que la potasse seule;

5° Les superphosphates mélangés aux sels ammoniacaux sont sans effet utile, mais l'addition de la potasse au mélange donne un très bon résultat, etc.

En définitive, les féveroles ont donc surtout besoin d'engrais potassiques.

CULTURE DES LENTILLES EN 1894.

Le 20 avril 1894, nous avons mis au germoir 100 grains choisis de grosse lentille, et le 22, avec les graines gonflées, nous avons ensemencé 6 grands pots de $0^m,40$ de diamètre, de $0^m,31$ de hauteur, renfermant environ 30 kilogr. de terre, à raison de 9 grains par pot. Les semences, régulièrement espacées, furent enterrées à $0^m,03$ de profondeur et les pots furent noyés dans la sciure de bois blanc de la seconde bâche de la salle de végétation.

Le 27, les jeunes plantes commencent à percer la terre. Dès qu'elles furent suffisamment développées, quelques jours plus tard, nous les arrosâmes avec une solution renfermant 2 gr. d'acide phosphorique et 1 gr. de potasse, et nous recouvrîmes le sol d'une mince couche de sciure pour prévenir l'encroûtement de la terre par les arrosages subséquents.

Le 19 juin, soit 51 jours après la levée, nous avons récolté les deux premiers pots, avant l'apparition d'aucune fleur. Les photographies ci-contre (*fig. 1 et 2*) représentent les pots avant la récolte et deux plantes moyennes avec leurs racines.

Les dix-huit plantes récoltées, après dessiccation à l'étuve, ont donné les poids suivants :

Parties aériennes	27 gr.
Racines.	2
Total.	29 gr.

La plante moyenne à cette date était donc constituée comme il suit :

Parties aériennes.	$1^{gr},50$
Racines	0 ,11
Total.	$1^{gr},61$

Pour 100 de plante entière on ne trouve donc que 6.8 de racines, et la proportion de celles-ci aux tiges ne dépasse pas 7.33 p. 100.

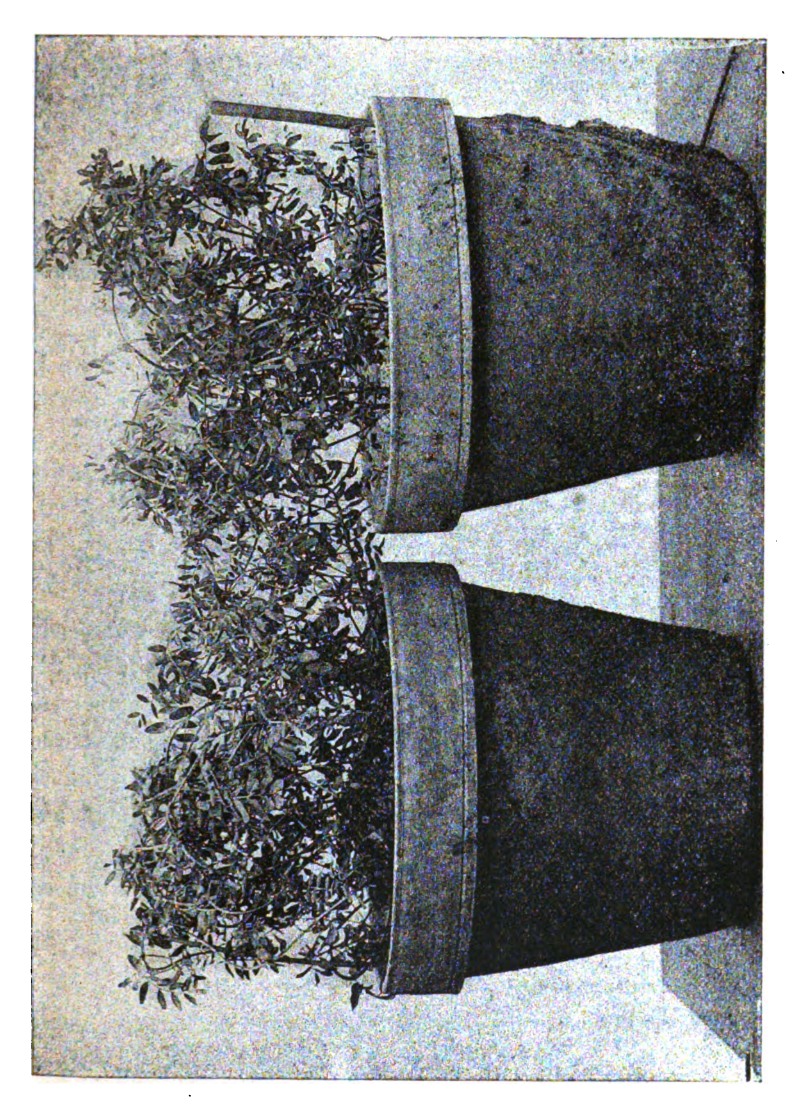


Fig. 1. — Lentilles avant la floraison.

L'analyse de la substance sèche des tiges et des racines est consignée ci-après :

	TIGES.	RACINES.
	—	—
Azote.	3.40	»
Acide phosphorique	0.845	0.616
Chaux.	2.24	1.68
Potasse	4.60	3.45

Le manque de matière n'a pas permis de faire le dosage de l'azote dans les racines. Nous admettons, dans les calculs suivants, que celles-ci en renfermaient la même quantité que les parties aériennes.

Avec les données précédentes, nous établissons comme suit la composition d'un plant moyen de lentille, 51 jours après la levée :

	MATIÈRE sèche.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	CHAUX.	POTASSE.
	—	—	—	—	—
	gr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
Tiges	1,50	51,00	12,67	33,60	69,00
Racines	0,11	3,74	0,68	1,85	3,79
Total. . .	1,61	54,74	13,35	35,45	72,79

La première fleur s'est ouverte le 20 juin, et nous avons attendu jusqu'au 18 juillet pour faire notre deuxième récolte en pleine floraison, car la formation des fleurs se continue successivement pendant fort longtemps chez cette plante. Deux pots contenant chacun 9 lentilles ont été photographiés, puis récoltés avec les précautions ordinaires pour mettre à nu les racines, puis une plante moyenne garnie de son appareil radiculaire a été tirée comme spécimen. Nous avons, pour cette récolte, obtenu le rendement suivant en matière sèche (*fig. 3 et 4*) :

Parties aériennes.	120 gr.
Racines	7
Total.	127 gr.

La plante moyenne était donc formée de :

Parties aériennes	6gr,66
Racines.	0 ,38
Total	7gr,04

Pour 100 de plante entière, on trouve 5.4 de racines. La proportion de celles-ci pour 100 de tiges s'élève seulement à 5.70.

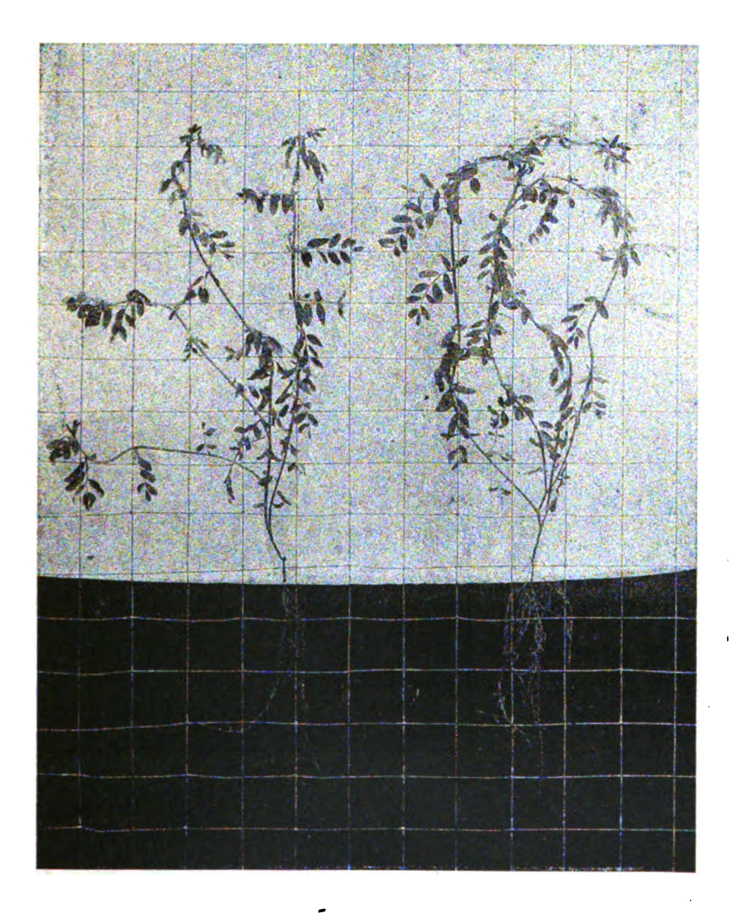


Fig. 2. — Lentilles avant la floraison.

L'analyse de cette récolte nous a donné les résultats qui sont reportés au tableau suivant :

	TIGES, ETC.	RACINES.
Azote	3.09	2.16
Acide phosphorique	0.708	0.503
Chaux	1.56	1.12
Potasse	3.16	2.08

La plante moyenne à cette phase de son développement présente donc la composition relatée dans le tableau ci-après :

	MATIÈRE sèche.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	CHAUX.	POTASSE.
	gr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
Parties aériennes.	6,66	205.79	47,15	103,89	210,45
Racines	0.38	8,21	1,91	4,26	7,90
Total . .	7,04	214,00	49,06	108,15	218,35

A la maturité complète, le 31 août, nous avons photographié les



Fig. 3. — Lentilles en pleine floraison.

deux derniers pots et, après avoir dégagé soigneusement les racines, nous avons reproduit une plante moyenne dans son intégralité (*fig. 5 et 6*).

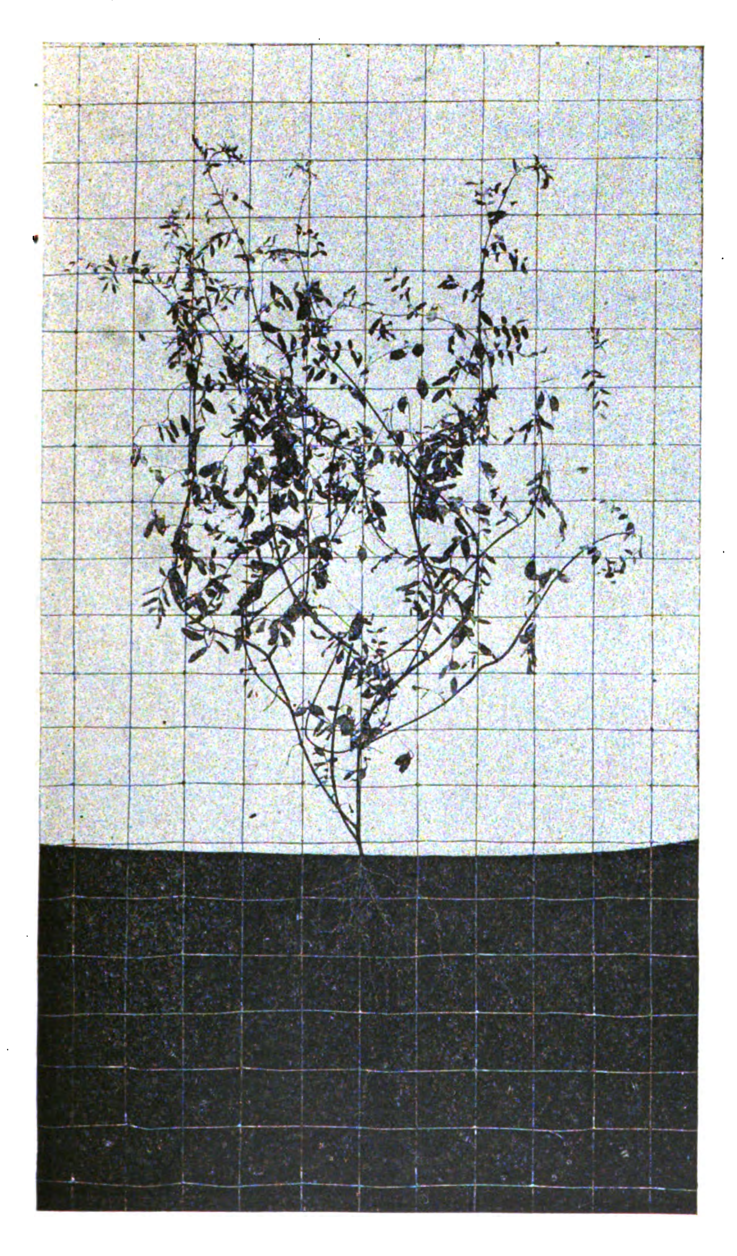


Fig. 4. — Lentilles en pleine floraison.

La récolte en substance sèche des 18 plantes a été la suivante :

Pailles et cosses	100 gr.
Graines	39
Racines	8
Total.	147 gr.

La plante de lentille moyenne à sa maturité se trouvait donc composée de :

Paille et cosses.	5gr,56	7,73
Graines.	2 ,17	
Racines.	0 ,44	
Total	8gr,17	

On en déduit que la proportion des racines à la plante entière est de 5.38 p. 100. Relativement aux parties aériennes, cette proportion est de 5.69. Nous avons 39.0 de grain p. 100 de paille.

Nous consignons ci-après les résultats que nous a donnés l'analyse de la matière sèche des diverses parties de la plante :

	GRAINS.	TIGES et COSSES.	RACINES.
	—	—	—
Azote	4.90	1.44	1.54
Acide phosphorique. . .	1.05	0.386	0.41
Chaux.	0.65	2.46	2.01
Potasse	3.62	2.08	1.85

La plante moyenne entière présente donc à la maturité la composition suivante :

	MATIÈRE sèche.	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	CHAUX.	POTASSE.
	—	—	—	—	—
	gr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
Paille et cosses .	5,56	80,06	21,13	136,77	115,65
Grains.	2,17	106,33	22,78	14,10	78,55
Total des parties aériennes. . .	(7,73)	(186,39)	(43,91)	(150,87)	(194,20)
Racines	0.44	6,78	1,80	8,84	8,14
Plante entière. .	8,17	193,17	45,71	159,71	202,34



Fig. 5. — Lentilles à la maturité.

Nous réunissons dans le tableau ci-après les analyses de la plante entière aux différentes périodes de son évolution :

	I AVANT la floraison. — milligr.	II PLEINE floraison. — milligr.	III MATURITÉ. — milligr.
Matière sèche . . .	1 610,00	7 040,00	8 170,00
Azote	54,70	214,00	193,17
Acide phosphorique.	13,35	49,06	45,71
Chaux	35,45	108,15	159,71
Potasse.	72,79	218,35	202,34

La matière sèche atteint son maximum à la maturité. Il en est de même de la chaux. L'azote, l'acide phosphorique et la potasse, au contraire, présentent leur plus haut poids en pleine floraison, pour diminuer ensuite légèrement.

Le poids absolu des racines atteint son maximum à la maturité, tandis que la proportion de celles-ci aux parties aériennes est la plus élevée avant la floraison. Cette proportion diminue ensuite légèrement jusqu'à la pleine floraison, pour rester ensuite sensiblement stationnaire.

Le peuplement d'un hectare de superficie exigerait, dans les conditions de nos cultures, 800 000 plantes en chiffres ronds. En admettant qu'un champ de cette étendue fût garni de notre plante moyenne, la récolte totale comprendrait :

Paille et cosses (état naturel) .	7 600 kilogr.
Grains (état naturel).	2 100 —
Total.	9 700 kilogr.

Les quantités d'éléments fertilisants prélevés par une telle récolte s'élèveraient à :

Azote	171^{kg},2
Acide phosphorique	39 ,2
Chaux.	125 ,7
Potasse	174 ,4

En rapportant ces quantités au quintal de graines avec sa paille on obtient :

Azote	8^{kg},15
Acide phosphorique	1 ,87
Chaux	6 ,00
Potasse.	8 ,30

Voyons maintenant quelle est la marche relative de l'absorption des éléments nutritifs et de la formation de la substance sèche. Le

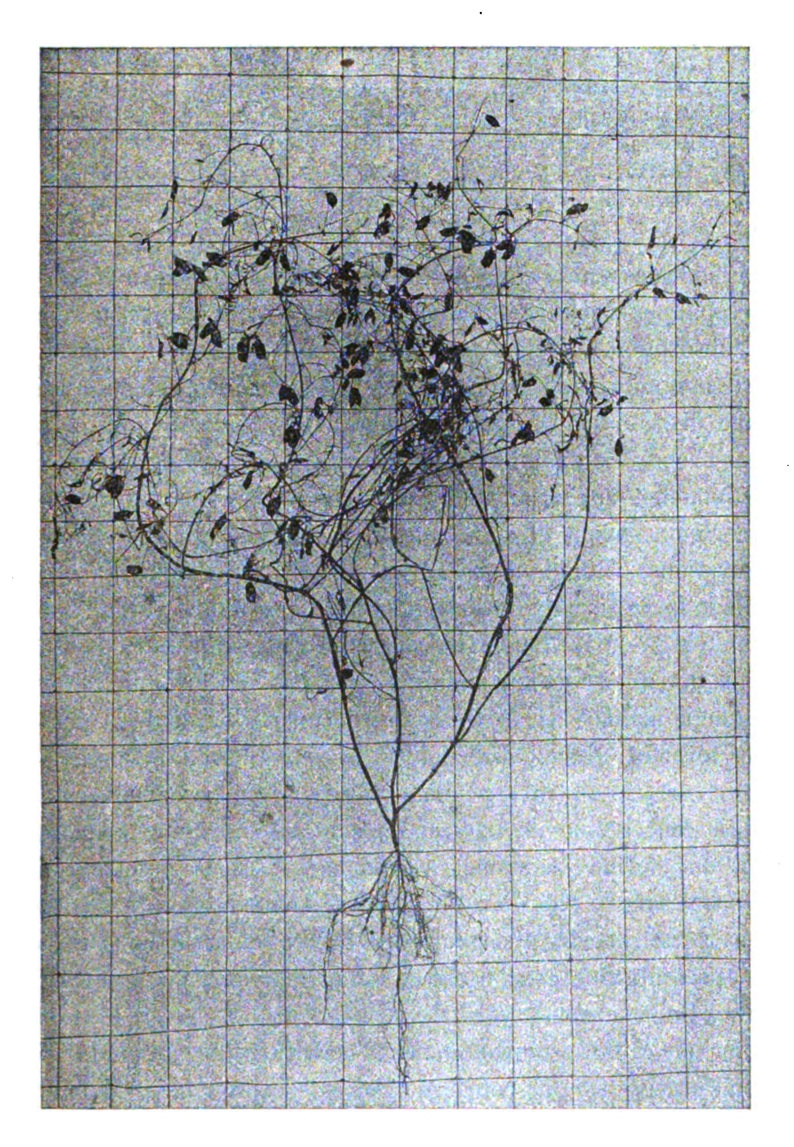


Fig. 6. — Lentilles à la maturité.

tableau suivant nous donne pour chaque période les quanta de

chaque substance absorbée ou formée en centièmes des maxima observés :

	AVANT la floraison.	PLEINE floraison.	MATURITÉ.
Matière sèche formée .	19.70	86.17	100.00
Azote absorbé. . . .	25.56	100.00	90.28
Acide phosphorique. .	27.40	100.00	93.17
Chaux.	22.20	67.69	100.00
Potasse	33.34	100.00	92.67

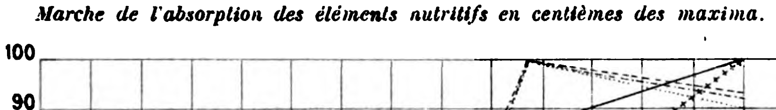
A l'aide des nombres proportionnels précédents nous avons dressé le graphique ci-joint, qui fait ressortir nettement la marche relative de l'absorption des éléments nutritifs. Sur l'axe des x nous avons porté le nombre de jours correspondant à chaque période, à raison d'une division par dix jours, depuis la levée prise pour origine. Nous avons, à la date de chaque récolte, élevé des ordonnées proportionnelles aux absorptions relatives, ce qui nous a permis de tracer pour chaque élément nutritif la courbe de la marche de ces absorptions. (Graphique page 187.)

De la levée au 51e jour de végétation, c'est-à-dire avant l'apparition de la première fleur, les courbes d'absorption de tous les éléments nutritifs se maintiennent au-dessus de la courbe de la formation de la matière sèche. Du commencement à la fin de la période, elles forment, avec la direction de cette dernière, un angle assez ouvert. La jeune plante, pendant les sept premières semaines de sa vie, a donc besoin de trouver dans le sol ses aliments minéraux sous une forme facilement assimilable. C'est la potasse qui est absorbée avec le plus d'avidité relative ; viennent ensuite, par ordre décroissant, l'acide phosphorique, l'azote et enfin la chaux qui, elle, présente une courbe qui ne s'écarte guère de celle de la formation de la substance végétale.

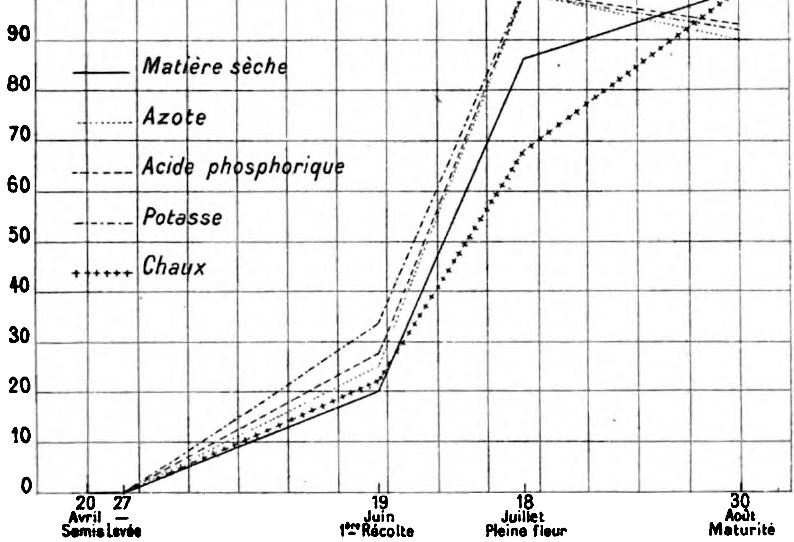
Dès que la floraison commence, l'activité de formation des tissus prend un vif essor. La courbe se redresse brusquement et fait avec l'axe des x un angle beaucoup plus ouvert. Depuis lors jusqu'à la pleine fleur, l'absorption de la potasse suit une marche sensiblement proportionnelle à celle de la formation de la substance sèche, et elle est terminée à la fin de la période. La courbe de l'acide

phosphorique et celle de l'azote continuent, comme depuis le début de la végétation, à diverger un peu en dessus de la courbe de la matière organique. Au contraire, la courbe de la chaux passe au-dessous de cette dernière, pour s'y maintenir jusqu'à la récolte. Pendant la période de floraison, la lentille continue donc à avoir besoin d'engrais potassiques et phosphatés ; elle poursuit avec acti-

Lentille grosse.



Marche de l'absorption des éléments nutritifs en centièmes des maxima.



vité son approvisionnement en azote, mais son besoin de chaux, qui ne s'est jamais montré très accentué, s'atténue de plus en plus.

Pendant la période de la maturation, la plante continue lentement à former de la matière végétale et à absorber de la chaux, tandis que les autres éléments nutritifs sont en décroissance.

Au point de vue de la fumure, la lentille se trouvera donc bien d'engrais facilement assimilables riches en potasse et en acide phosphorique. Grâce aux tubercules à bactéries de ces racines, elle peut puiser l'azote qui lui est nécessaire dans l'atmosphère confinée dans le sol. Toutefois, dans les premières semaines de sa vie,

elle se trouvera bien de végéter dans un sol où la nitrification est facile.

Dans le tableau suivant, nous avons reporté le travail radiculaire d'une plante moyenne de lentille, rapporté à 1 gr. de racines sèches, pour les trois périodes considérées :

	I De la levée au 53e jour (53 jours). — milligr.	II Du 53e jour à la pleine floraison (29 jours). — milligr.	III De la pleine floraison à la maturité (43 jours). — milligr.
Azote	9,64	22,45	0,00
Acide phosphorique	2,38	5,02	0,00
Chaux	6,30	13,07	2,92
Potasse	12,96	20,47	0,00
Total	31,28	61,01	2,92

Pendant les sept premières semaines de végétation, la lentille absorbe par gramme de racines sèches $31^{mgr},28$ d'éléments nutritifs. L'intensité de l'absorption double pendant la période de la floraison, pour tomber à presque rien pendant la maturation. Si l'on prend comme unité le travail radiculaire total à cette dernière époque, on obtient les nombres proportionnels suivants :

Sept premières semaines	10.7
Floraison	20.9
Maturation	1.0

Il en résulte que le besoin d'aliments facilement assimilables est vingt fois plus fort pendant la floraison et dix fois pendant la jeunesse que pendant la maturation. Si l'on considère l'azote, qui est surtout fourni à la plante par les bactéries des nodosités des racines, on voit que l'absorption s'en arrête à la défloraison, après avoir plus que doublé dans la seconde période.

La même observation s'applique à l'acide phosphorique et à la potasse.

Pour la chaux, au contraire, le travail d'absorption continue très faiblement pendant la maturation, après s'être montré double pendant la floraison de ce qu'il était pendant la première période de la vie de la plante.

En définitive, de quelque manière qu'on envisage la question, on reconnaît nettement que la plante qui nous occupe a surtout grand besoin d'engrais pendant la floraison et qu'elle est exigeante dès la première période. Il lui faudra donc donner une abondante fumure minérale très assimilable.

EMPLOI DES ENGRAIS DANS LA CULTURE DES PLANTES EN POTS

De janvier à juillet 1895, j'ai élevé dans deux pots des boutures de *Tradescantia suspensa,* provenant de la même plante. D'égales dimensions, ces pots avaient reçu chacun six boutures d'égale force. Le premier, destiné à la culture ordinaire, avait été garni de terre de bruyère. Les plantes n'y ont reçu, pendant tout le cours de la végétation, que de l'eau ordinaire provenant de l'Eure.

L'autre pot était rempli de Sphaigne et a reçu des arrosages nutritifs une ou deux fois par semaine, suivant la nécessité.

Nous avions préparé une solution concentrée de sels nutritifs dans l'eau distillée renfermant, par litre, exactement :

Phosphate de potasse.	32 gr.
Phosphate d'ammoniaque	12
Nitrate de potasse.	14
Nitrate d'ammoniaque	42
Total.	100 gr.

Pour préparer nos arrosages nutritifs, nous mélangions 10 centimètres cubes (ou 10 gr. en poids environ) de cette solution mère à un litre d'eau ordinaire, au moment même de l'emploi. Cette quantité correspond à 1 gr. de mélange salin nutritif et contenait :

Azote	0gr,167
Potasse	0 ,147
Acide phosphorique	0 ,173

Les arrosages ont toujours été donnés jusqu'à refus.

On remarquera que le mélange salin auquel nous avons eu re-

cours ne contient pas de chaux. On peut donc l'employer pour les plantes calcifuges. D'autre part, l'addition d'un sel de chaux aurait



Fig. 1. — Tradescantia ordinaire.

pour effet de précipiter de la dissolution l'acide phosphorique à l'état de phosphate de chaux insoluble.

Avec la majorité des eaux naturelles, les plantes traitées par les arrosages nutritifs tels que nous les avons pratiqués reçoivent en réalité assez de chaux, car ces eaux sont toujours pourvues d'une

assez grande quantité de sels calcaires. Ces derniers, d'autre part, ne précipitent pas instantanément l'acide phosphorique à la faveur de l'acide carbonique que l'eau tient en dissolution.

Pour fixer les résultats de ce premier essai, nous avons photographié les deux pots côte à côte. La figure 1 est la reproduction en photogravure de notre cliché. Afin de préciser les idées, nous n'avons plus qu'à dire que dans le pot de *Tradescantia suspensa,* soumis aux arrosages nutritifs, la longueur des tiges retombantes a



Fig. 2. — Tradescantia zebrina.

dépassé 1^{m},70. La largeur des feuilles et l'intensité de leur coloration était beaucoup plus grande, de même que les plantes étaient beaucoup plus touffues dans le pot nourri régulièrement que dans celui traité comme d'ordinaire à l'eau simple.

Grâce à l'obligeance de M. Maisonnier, qui a mis à ma disposition quatre pots de *Tradescantia zebrina,* fort jolie variété à feuilles zébrées de blanc sur la face supérieure et pourpres sur la face inférieure, produisant des fleurs roses, j'ai pu essayer l'effet de la solution nutritive précédente sur des plantes qui avaient été élevées dans les conditions ordinaires de la pratique horticole. La figure 2

reproduit deux de mes sujets d'expériences. Le pot de gauche a reçu des arrosages nutritifs, celui de droite de l'eau simple. La seconde paire de pots était de tous points comparable à la première.

A la même époque, j'ai essayé l'effet de la solution nutritive sur un certain nombre d'autres plantes, et j'ai obtenu des résultats très avantageux. Je citerai mes essais sur les Primevères de Chine, les Géraniums, les Fuchsias, les Agératums, les Héliotropes, le Réséda, les Chrysanthèmes, les Coléus, les Centaurées, les Bégonias, les Cyclamens, la *Phacelia tenacetifolia*, le Pastel, les Bromélias, les Fougères, les Azalées, le Kentia, le *Chamærops excelsa*, le *Chamærops humilis*, les Phœnix, le Laurier-rose, l'Oranger de semis, le Rosier en pots forcé, et, également en pots, les pommes de terre, le persil, le cerfeuil et le froment.

En résumé, je crois que les arrosages nutritifs, pratiqués dans les conditions que j'ai indiquées, peuvent rendre service aux jardiniers et surtout aux amateurs.

SUR

LA FORMATION ET LA CONSERVATION

DU FUMIER DE FERME

Par M. H. JOULIE

A la sortie des étables ou des écuries, le fumier n'est encore qu'un simple mélange de litière (ordinairement de paille) avec les déjections solides et liquides des animaux. Un commencement de fermentation a déjà transformé en carbonate d'ammoniaque la plus grande partie de l'urée contenue dans les déjections liquides.

La composition de ce mélange varie, nécessairement, suivant la litière employée (pailles diverses, tourbe, sciure de bois, herbe de marais, etc., etc.), suivant l'espèce animale d'où il provient, la nourriture livrée au bétail, etc., etc.; mais, quelle que soit cette composition quantitative, il reste constant qu'au moment où on transporte le fumier sur la plate-forme destinée à le recevoir et à l'accumuler jusqu'au moment de son emploi, il se compose essentiellement de matières végétales (cellulose, ligneux, gommes, dextrine, etc., etc.) imprégnées d'une dissolution de carbonate d'ammoniaque.

Que se passe-t-il dans le tas de fumier? que devient le carbonate d'ammoniaque et quelles transformations subissent les matières végétales? Telle est la question que nous nous sommes posée et dont la solution nous paraît intéresser tout particulièrement l'opération agricole.

Beaucoup d'autres, avant nous, se sont posé la même question et ont essayé d'y répondre par des recherches qui ont éclairé divers points de l'histoire chimique du fumier de ferme. Toutefois le compte exact des éléments fertilisants qui entrent à la fosse à fumier et qu'elle rend ensuite plus ou moins transformés n'a pu encore être établi sur des bases indiscutables.

La cause principale des difficultés que présente cette étude se trouve dans le défaut d'homogénéité des masses de matières qui constituent le fumier de ferme et dans la presque impossibilité d'en préparer des échantillons de faible volume, ayant exactement la même composition que la masse qu'il s'agit d'étudier.

Pour éliminer toutes causes d'erreur, de ce chef, nous avons pris le parti de préparer des fumiers dans des conditions spéciales, imitant, autant que possible, les conditions de la pratique agricole, mais en quantités telles qu'il soit facile de tout recueillir et de tout analyser exactement.

Pour imiter le mélange qui constitue le fumier frais sortant des écuries ou des étables, nous avons pris de la paille hachée et desséchée, du crottin de cheval desséché et moulu et de l'urine humaine putréfiée en proportions convenables pour obtenir une richesse en azote à peu près égale à celle du fumier, au moment où on l'entasse dans les cours de ferme.

La fosse à fumier a été formée par une cloche tubulée, en verre, renversée sur un vase conique. La tubulure était fermée par un bouchon en caoutchouc traversé par un tube de verre permettant l'écoulement du purin dans le vase inférieur. Le mélange était soutenu dans la cloche par un verre de montre déposé sur la tubulure, à l'intérieur. Dans une première série d'expériences nous avions soutenu le fumier au moyen d'une toile métallique de fer étamé. Malgré l'étamage, elle a été oxydée et presque entièrement détruite fixant au passage l'acide phosphorique du fumier à l'état de phosphate de sesqui-oxyde de fer. C'est pourquoi elle a été remplacée dans les expériences suivantes par un verre de montre qui laisse passer tout aussi bien les liquides.

La cloche était recouverte à sa partie supérieure par une plaque de verre de manière à éviter, autant que possible, le renouvellement

de l'air, bien que l'appareil ne fût pas hermétiquement clos, afin que les gaz produits pussent librement s'échapper.

Le mélange des matières était préparé dans une capsule et introduit dans la cloche, avec les précautions nécessaires pour ne rien perdre. La capsule était lavée à l'eau distillée et cette eau versée sur le mélange jusqu'à ce que le vase inférieur fût à moitié rempli du liquide.

Ce dispositif fort simple permettait de multiplier les expériences et de les varier autant que pouvaient l'exiger les diverses questions à résoudre.

J'en ai fait successivement trois séries dans des conditions un peu différentes les unes des autres.

La première se composait de 6 appareils semblables dont les cloches avaient 1¹,25 environ de capacité avec un diamètre de 10 centimètres et un septième dont la cloche était beaucoup plus large (17 centimètres de diamètre), de manière à ce que le mélange présentât une surface plus grande, avec moins d'épaisseur.

Ces appareils sont restés exposés sur la paillasse du laboratoire à la température ordinaire, du 18 février au 1ᵉʳ septembre 1883, c'est-à-dire pendant 6 mois et 10 jours, ou 194 jours.

Tous les jours d'abord, puis, tous les deux ou trois jours, le purin écoulé dans le vase inférieur de chaque appareil était reversé sur le fumier.

L'appareil nº 1 avait reçu le mélange suivant :

Paille hachée, séchée et broyée	75 gr.
Crottin de cheval, id.	50 —
Urine putréfiée	300 cent. cub.
Eau distillée	275 —

Le nº 2, le même mélange, plus 10 gr. de phosphate fossile du Cher, contenant 34.74 p. 100 de phosphate tri-calcique et 9.11 p. 100 de carbonate de chaux.

Le nº 3, le même mélange qu'au nº 1, plus 10 gr. du même phosphate qu'au nº 2 et 10 gr. de plâtre.

Le nº 4, le même mélange qu'au nº 1, plus 10 gr. du même phosphate qu'au nº 2 et 10 gr. de carbonate de chaux pur.

Le n° 5, le même mélange qu'au n° 1, plus 10 gr. de carbonate de chaux.

Le n° 6, le même mélange qu'au n° 1, plus 10 gr. de plâtre.

Le n° 7 :

Paille hachée, séchée et broyée	150 gr.
Crottin de cheval, id.	200 —
Urine putréfiée.	400 cent. cub.
Eau distillée.	850 —

Dans les 6 premières cloches, le mélange occupait, au début, une hauteur de 15 centimètres et présentait une surface de 78 centimètres carrés. Dans la 7ᵉ, le mélange occupait une hauteur de 10 centimètres, avec une surface de 227 centimètres carrés. La surface exposée à l'air était donc trois fois plus grande pour une quantité de matière à peu près double.

Au cours de l'expérience, le 15 avril, plusieurs cloches ne laissant plus écouler de liquide, on a rajouté 100 centimètres cubes d'eau distillée dans chacun des six premiers appareils, ce qui a porté à 375 centimètres cubes la quantité totale d'eau distillée introduite. Le 7ᵉ appareil laissant encore écouler une quantité suffisante de purin n'a reçu aucune addition.

Pendant la durée de l'expérience, on a noté les observations suivantes :

1° Le purin s'est rapidement coloré en brun dans tous les appareils, à l'exception des nᵒˢ 3 et 6 qui contenaient du plâtre. Cette différence de coloration était déjà manifeste six jours après la mise en train. Elle n'a fait ensuite que s'accentuer davantage.

2° Au bout d'un mois, le purin est acide dans tous les appareils, à l'exception des nᵒˢ 4 et 5 dans lesquels il y a du carbonate de chaux et où il s'est maintenu alcalin.

Le 1ᵉʳ septembre 1883, jour où on a mis fin à l'expérience, on a fait passer de l'eau distillée sur le fumier en quantité suffisante pour obtenir un litre de purin pour les six premières expériences et deux litres pour la septième. Tous ces purins étaient fortement colorés en brun, excepté ceux des appareils nᵒˢ 3 et 6 contenant du plâtre.

Le fumier lavé contenu dans les cloches a été vidé dans des capsules, additionné d'acide oxalique pour fixer l'ammoniaque, et desséché. On a ensuite analysé, à part, le fumier et le purin de chaque appareil.

L'examen et la discussion des analyses ayant montré, comme on le verra plus loin, que la fermentation du fumier faisait perdre d'importantes quantités d'azote, on a organisé une deuxième série d'expériences, en 1884, dans le but de rechercher s'il n'était pas possible de s'opposer à cette déperdition, en ajoutant au fumier certaines substances capables de retenir l'ammoniaque.

Cette deuxième série a été faite dans des conditions un peu différentes de la première.

Les cloches en verre ont été remplacées par des entonnoirs en grè de 0m,16 de diamètre, avec un tube descendant dans un flacon, de manière à ce que le purin fût, le moins possible, en contact avec l'atmosphère.

Le tout a été installé dans une étuve chauffée au gaz entre 40 et 45° pour mieux imiter les conditions ordinaires du tas de fumier qui s'échauffe spontanément, lorsque la masse est suffisante.

Sept appareils ont reçu le mélange suivant :

Paille hachée, séchée et broyée	150 gr.
Crottin de cheval, id.	200 —
Urine putréfiée.	400 cent. cub.
Eau distillée.	800 —

Un huitième appareil a reçu le même mélange dans lequel l'urine a été supprimée et remplacée par de l'eau distillée.

Enfin, ces divers appareils ont reçu, en outre du mélange indiqué, les additions suivantes :

N° 1. — Rien ;

N° 2. — 40 gr. sulfate de magnésie ;

N° 3. — 10 centimètres cubes acide sulfurique à 66° ;

N° 4. — 30 gr. superphosphate riche (20 p. 100 PhO^5 soluble) ;

N° 5. — 40 gr. sulfate de magnésie et 30 gr. superphosphate ;

N° 6. — 20 gr. sulfate de fer ;

N° 7. — 40 gr. sulfate de magnésie et 20 centimètres cubes d'acide phosphorique en solution concentrée ;

N° 8. — Rien.

Cette deuxième série d'expériences a commencé le 24 juillet et a été arrêtée le 20 octobre. Elle a donc duré 88 jours pendant lesquels on a dû, à deux reprises, le 6 et le 28 août, rajouter, dans chaque appareil, 200 centimètres cubes d'eau distillée, le purin faisant presque défaut. On conçoit facilement que la température étant maintenue entre 40 et 45°, l'évaporation devait être plus active que dans la première série qui n'était pas chauffée.

Comme pour la première série, le purin était reversé tous les jours sur le fumier.

Au cours de cette expérience, on a noté les observations suivantes :

1° L'examen microscopique du purin et du fumier a fait reconnaître dans l'un et dans l'autre la présence d'un ferment formé de globules sphériques très petits, visibles seulement avec les plus forts grossissements. Ces globules, toujours isolés, sont doués de mouvement. Leur quantité a été en augmentant pendant tout le cours de l'expérience, si bien qu'à la fin le purin qui s'écoulait en devenait presque boueux. Ils formaient d'abondants dépôts dans les vases où se réunissait le purin.

Ce même ferment s'est produit dans tous les appareils, aussi bien dans le huitième qui n'avait pas reçu d'urine que dans les autres.

2° A la fin de l'expérience, les fumiers des appareils n° 1 (sans addition), n° 2 (sulfate de magnésie) et n° 6 (sulfate de fer) sont à l'état de beurre noir. Les autres sont restés un peu pailleux. Le n° 1 répand l'odeur caractéristique du fumier fait. Il contient un peu de blanc, sa réaction est neutre mais devient acide par dessiccation de la tache faite sur le papier de tournesol bleu. Son purin est très coloré.

Le n° 2 (sulfate de magnésie) est peu coloré. Il répand néanmoins l'odeur du fumier fait. Il contient beaucoup de blanc, sa réaction est neutre, devenant acide par dessiccation, comme au n° 1.

N° 3. — (Acide sulfurique), plus coloré que le n° 2, peu de blanc, réaction acide, pas d'odeur.

N° 4. — (Superphosphate), peu coloré, peu de blanc, réaction acide, pas d'odeur.

N° 5. — (Superphosphate et sulfate de magnésie), moins coloré encore qu'au n° 4, peu de blanc, pas d'odeur, réaction acide.

N° 6. — (Sulfate de fer), fumier très coloré, purin presque incolore, beaucoup de blanc, odeur de moisi, réaction acide.

N° 7. — (Sulfate de magnésie et acide phosphorique), peu coloré, peu de blanc, odeur de moisi, réaction acide; quelques cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien visibles au microscope.

N° 8. — (Sans urine), peu coloré, pas de blanc, odeur de moisi, réaction neutre.

A la fin de l'expérience, le contenu de chaque appareil a été réuni dans une capsule de porcelaine avec les eaux de lavages de l'entonnoir et du flacon. On a ajouté 20 grammes d'acide oxalique et évaporé presque à sec en agitant la masse fréquemment. La dessiccation a été achevée à l'étuve à 40° et la masse sèche a été passée au moulin et mise en flacon pour être soumise à l'analyse.

Pendant que s'exécutait cette série d'expériences, on avait organisé une expérience supplémentaire pour laquelle on avait enfermé un mélange semblable à celui du n° 1 dans un flacon bouché et mastiqué, muni d'un tube de dégagement en communication avec un tube de Liebig contenant de l'acide sulfurique titré.

Ce flacon constituant un véritable silo, sans pression, a été mis à l'étuve le 6 octobre 1884 et retiré le 1er février 1885. Il y est resté, par conséquent, 116 jours. On a constaté, au début, un dégagement de gaz assez abondant qui s'est rapidement atténué, pour devenir ensuite presque nul.

A la fin de l'expérience, le contenu du flacon a été traité et préparé pour l'analyse exactement comme les précédents et on a titré l'acide sulfurique contenu dans le tube à boules, afin de savoir s'il s'était dégagé de l'ammoniaque. Ce titrage a constaté dans le tube l'existence de 4 dixièmes de milligramme d'azote ammoniacal. Or, le fumier frais au moment de son introduction dans le flacon contenait 3gr,297 d'azote ammoniacal.

Il n'avait donc été perdu, par volatilisation, que les $\frac{4}{32970}$ de

l'azote ammoniacal introduit, c'est-à-dire une quantité à peu près nulle.

Les deux séries d'expériences dont le dispositif est décrit cidessus, ayant encore laissé sans réponse diverses questions, notamment celle de l'action du fumier en fermentation sur les phosphates fossiles, on a fait une troisième série d'expériences en 1885.

L'appareil a consisté, cette fois, en une cloche tubulée, fermée par un bouchon en caoutchouc surmonté d'un verre de montre et traversé par un tube descendant jusqu'au fond d'un flacon fermé, lui-même, par un bouchon à 2 trous laissant passer le tube de descente et un tube coudé permettant le dégagement de l'air pendant le remplissage du flacon. Le même tube permettait aussi de faire remonter le purin sur le fumier, sans transvasement, en insufflant de l'air dans le flacon.

Les fumiers introduits dans les cloches étaient recouverts d'un disque de verre entrant dans la cloche et chargé d'un poids déterminé afin que la fermentation se fît sous pression, comme dans les couches inférieures du tas de fumier.

Le mélange type introduit dans les cloches a été le suivant :

Paille hachée et desséchée	75 gr.
Crottin de cheval, id.	100 —
Urine putréfiée	200 cent. cub.
Eau distillée	400 —

L'appareil n° 1 a reçu ce mélange, sans addition, et a été comprimé à 2gr,80 par centimètre carré.

L'appareil n° 2 a reçu le même mélange, également sans addition, mais a été comprimé à 26gr,13 par centimètre carré.

Appareil n° 3. — Même mélange additionné de 15 centimètres cubes d'acide chlorhydrique; pression comme au n° 1.

Appareil n° 4. — Même mélange additionné de 10 gr. de phosphate du Cher et de 20 centimètres cubes d'acide chlorhydrique; pression comme au n° 1.

Appareil n° 5. — Même mélange additionné de 10 gr. de chaux caustique; pression comme au n° 1.

Appareil n° 6. — Même mélange, plus 10 gr. phosphate du Cher; pression comme au n° 1.

Appareil n° 7. — Même mélange, plus 10 gr. phosphate du Lot; pression comme au n° 1.

Appareil n° 8. — Même mélange, mais sans urine, additionné de 10 gr. phosphate du Cher; pression comme au n° 1.

Ces 8 appareils ont été installés dans l'étuve chauffée à 40-45° le 28 septembre 1885. Le 10 décembre on a arrêté le chauffage et, le 15 avril suivant, on a mis fin à l'expérience qui avait duré, par conséquent, 199 jours, dont 73 à la température de 40 à 45° et 126 à la température ordinaire du laboratoire, c'est-à-dire entre 10 et 18°.

Chaque jour, pendant la première période, on faisait remonter le purin sur les fumiers. Pendant la seconde période, on ne le faisait remonter que deux fois par semaine.

A la fin de l'expérience, on a réuni le contenu de chaque appareil, fumier et purin, dans une capsule comme pour la série précédente et on a évaporé à sec avec addition d'acide oxalique seulement pour les n°s 1, 2 et 5. Les n°s 3 et 4 étant restés très acides, l'addition d'acide oxalique était inutile. Dans les n°s 6, 7 et 8 elle eût été nuisible, car l'acide oxalique aurait pu modifier l'état des phosphates qu'il s'agissait de reconnaître et d'apprécier.

Comme dans les séries précédentes, on a constaté une abondante formation de ferment semblable à celui qui a été déjà décrit, mais on a observé, en outre, dans tous les appareils :

1° Des bâtonnets plus ou moins agiles, ayant de 2 à 5 fois la longueur des corps précédents.

2° Des vibrions beaucoup plus allongés.

Enfin, dans plusieurs appareils (n°s 1, 2 et 5) on a trouvé des moisissures, des fragments de mycelium filamenteux et des fructifications de torulacées.

Le purin des n°s 3 et 4 est peu coloré, la masse du fumier est presque sans odeur. Tous les autres exhalent une forte odeur de fumier fait et sont fortement colorés.

La réaction est acide aux n°s 3 et 4, neutre devenant acide par dessiccation au n° 1 et alcaline même après dessiccation aux n°s 5, 6, 7 et 8.

En même temps que cette troisième série d'expériences, on a organisé un second essai de préparation du fumier en vase clos et, cette fois, sous pression.

Pour cela, on a introduit dans un vase en verre à garniture métallique, pouvant permettre une fermeture hermétique, les matières suivantes :

Paille hachée et sèche	225	gr.
Crottin de cheval moulu et sec	300	—
Urine putréfiée	600	cent. cubes
Eau	1 200	—
Total	2 425	

Par-dessus la matière, on a placé une plaque de verre et, sur la plaque de verre, des disques en plomb pesant 2^{kg},460.

La surface du fumier étant de 175^{cq},42, il supportait un poids de 14 gr. par centimètre carré, soit 140 kilogr. par mètre carré. Pour enlever, autant que possible, le contact de l'air, on a versé dans l'appareil 200 gr. de sable sec pour remplir la rainure circulaire laissée entre les disques de verre et de plomb et la paroi du vase. On a ensuite fermé l'appareil au moyen de sa garniture métallique en plaçant, dans la tubulure de celle-ci, un tube de dégagement permettant la sortie des gaz et les conduisant dans un flacon laveur contenant de l'acide sulfurique titré.

L'appareil tout entier a été mis à l'étuve à 40-45° pendant 25 jours. Il s'est dégagé une certaine quantité de gaz pendant les premiers jours et, ensuite, la pression est restée égale à l'intérieur et à l'extérieur.

On a sorti l'appareil de l'étuve et on l'a laissé 6 mois à la température du laboratoire, pendant lesquels on n'a constaté aucun dégagement de gaz.

Lorsqu'on a ouvert cette sorte de silo, on l'a trouvé rempli d'un gaz éteignant les corps en combustion (acide carbonique). Le sable garnissant la rainure était imprégné de purin et le disque de plomb était fortement sulfuré. L'odeur de la masse était celle du fumier fait. On a repris le poids du silo et on a constaté que ce poids total, qui était de 5^{kg},985, lors de la mise en train de l'expérience, n'était plus que de 5^{kg},901. Les pertes de gaz s'étaient donc élevées à 84 gr.

La matière a été extraite du silo aussi exactement que possible, elle a été mélangée avec soin dans une grande capsule en porcelaine et divisée en deux parties égales dont une a été desséchée avec addition d'acide oxalique et l'autre sans aucune addition, et chacun des échantillons ainsi obtenus a été analysé, le premier au point de vue de l'azote, le second au point de vue de l'acide phosphorique.

Nous donnons plus loin les résultats obtenus.

L'exposé en détail de toutes les analyses que nous avons dû faire pour dégager la signification de chacun des essais qui précèdent serait absolument fastidieux et inutile. Nous nous bornerons donc à les présenter résumées dans des tableaux faisant ressortir les conclusions pratiques qu'il convient d'en tirer.

Mais, auparavant, il est nécessaire de faire connaître sommairement les méthodes qui ont été suivies dans ces analyses, afin que chacun puisse en apprécier le degré de précision.

1° *Dosage de la matière sèche.* — On a fait sécher à l'étuve à 100° une prise d'essai sur les échantillons de fumier préparés ainsi qu'il a été dit plus haut. On a rapporté à la masse totale obtenue la perte constatée et on l'a retranchée de cette masse totale pour avoir la masse de matière sèche constituant l'échantillon. On en a retranché, en outre, la quantité d'acide oxalique ajoutée et on a admis la différence comme matière sèche totale extraite de l'appareil.

Cette méthode n'est pas absolument exacte :

1° A cause de la décomposition des carbonates par l'acide oxalique et de la perte d'acide carbonique qui en résulte ;

2° A cause de la décomposition possible d'une petite quantité d'acide oxalique dans l'étuve à 100°.

Mais ces causes d'erreur étaient sans importance pour les questions qu'il s'agissait de résoudre.

2° *Dosage des acides noirs.* — On traite une prise d'essai par la soude caustique étendue et on précipite les acides noirs dans la liqueur filtrée par l'acide chlorhydrique étendu, on sèche et on pèse ; on calcine et on retranche le poids des cendres.

3° *Dosage de la cellulose.* — La prise d'essai épuisée par la soude caustique et lavée à l'eau bouillante est ensuite traitée par l'acide sulfurique étendu, lavée à nouveau et enfin séchée et pesée. On incinère et on déduit le poids des cendres.

4° *Dosage de l'azote ammoniacal.* — On introduit dans un appareil distillatoire une prise d'essai, préalablement humectée par de l'acide chlorhydrique pur, avec un excès de magnésie caustique et de l'eau distillée exempte d'ammoniaque. On distille et on reçoit le produit dans de l'acide sulfurique titré.

5° *Dosage de l'azote nitrique.* — On introduit dans un matras jaugé à 100 centimètres cubes une prise d'essai de 1 gr., on ajoute de l'eau distillée et on fait digérer pendant quelques heures à une douce chaleur, on refroidit, on complète le volume à 100 centimètres cubes avec de l'eau distillée, on filtre et on prend 10 centimètres cubes du liquide représentant 0gr,100 de matière. On ajoute 20 centimètres cubes d'acide sulfurique pur à 66° et une goutte de sulfate de diphénylamine dissous dans l'acide sulfurique à saturation.

Si la matière essayée contient de l'azote nitrique, le liquide devient immédiatement bleu foncé. On y verse alors, au moyen d'une burette graduée et jusqu'à décoloration, une solution acide de protochlorure d'étain, contenant 2gr,50 de ce sel, par litre, et on note la quantité de liqueur employée.

Une opération toute semblable, faite avec une solution titrée de nitrate de potasse, fait connaître le titre de la liqueur de protochlorure d'étain et, par conséquent, la richesse de la matière essayée.

Cette méthode de dosage repose sur la mise en liberté de l'acide nitrique par un grand excès d'acide sulfurique et la destruction de l'acide nitrique par le protochlorure d'étain. Le sulfate de diphénylamine n'intervient que comme colorant :

1° Pour constater la présence de l'acide nitrique ;

2° Pour indiquer la fin de l'opération.

Il reste coloré en bleu foncé, tant qu'il existe une trace d'acide nitrique dans la liqueur et se décolore brusquement, aussitôt que la dernière trace a été détruite.

Ce procédé de dosage, très expéditif, est surtout applicable à la recherche de quantités très faibles de nitrates. Les matières organiques et les chlorures n'exercent pas une influence sensible si la liqueur d'épreuve est très étendue. Il en serait autrement si elle était concentrée. Il deviendrait alors nécessaire d'éliminer les matières organiques et les chlorures et de remplacer le protochlorure d'étain par le sulfate stanneux.

L'élimination des matières organiques se fait en mélangeant la matière à essayer avec de la chaux en excès et en employant l'alcool à 50° comme dissolvant des nitrates. La liqueur filtrée est évaporée à sec avec addition d'un peu de sulfate d'argent. On reprend par l'eau et on opère comme il est dit ci-dessus.

Les solutions de chlorure ou de sulfate stanneux acide se conservent bien sous une couche de pétrole ou de vaseline liquide.

6° *Dosage de l'azote organique.* — On a fait un dosage d'azote total par la chaux sodée et on en a retranché l'azote ammoniacal et l'azote nitrique, dosés séparément pour avoir l'azote organique.

Cette méthode serait inapplicable à des produits riches en azote ammoniacal et nitrique et pauvres en matières organiques. Mais pour nos fumiers elle donne des résultats exacts :

1° Parce que la matière organique, toujours en grand excès, protège l'oxalate d'ammoniaque de l'action de la chaux sodée pendant le mélange et avant son introduction dans le tube, mélange qui est d'ailleurs préparé avec toutes les précautions nécessaires ;

2° Parce que les nitrates, lorsqu'ils sont en très petite quantité et en présence d'un grand excès de matière organique, sont parfaitement dosés par la chaux sodée, ainsi que l'a montré M. Pellet.

7° *Matières minérales.* — Le dosage des matières minérales, lorsqu'il a été nécessaire, a été fait suivant les méthodes connues et décrites dans les meilleurs traités d'analyse.

Avant d'exposer les résultats obtenus dans nos diverses expériences, nous devons encore répondre à une question qui se présen-

tera naturellement à l'esprit de toute personne compétente : est-ce bien du fumier qui a été préparé dans les conditions artificielles qui sont ci-dessus décrites et peut-on identifier les phénomènes chimiques et physiologiques qui se sont produits dans ces appareils minuscules avec ceux qui se produisent pendant la préparation du fumier de ferme ?

Pour dissiper, sur ce point, tous les doutes, nous avons comparé les produits extraits des appareils n° 1 et n° 7 de notre 1re série, dans lesquels aucune addition n'a été faite aux matières constitutives de fumier, avec des échantillons de fumier prélevés dans une ferme de grande culture.

Voici les résultats de cette comparaison :

	FUMIERS DES EXPÉRIENCES		FUMIERS DE LA FERME D'ARCY		
	N° 1.	N° 7.	1re COUCHE la plus ancienne.	2e COUCHE moyenne.	3e COUCHE la plus récente.
Dans 1000 parties.					
Humidité.	880.71	885.60	759.20	793.00	758.51
Matière sèche	119.29	114.40	240.80	207.00	241.49
Dans 1000 parties de matière sèche.					
Azote ammoniacal . .	11.51	1.57	0.70	1.54	0.66
— nitrique. . . .	0.00	0.00	2.43	2.47	2.42
— organique . . .	26.68	24.09	20.95	26.46	20.35
Total . . .	38.19	25.66	24 08	30.47	23.43
Chaux	26.91	38.32	16.57	30.52	28.70
Magnésie.	3.64	3.96	7.10	7.53	6.30
Potasse	12.98	6.93	24.54	26.65	32.10
Soude	12.34	6.96	4.07	2.77	5.43
Acide phosphorique. .	15.31	15.36	15.24	16.42	18 95

On voit que la composition de nos fumiers d'expérience ressemble

beaucoup à celle des fumiers de la pratique agricole. L'humidité est plus élevée, parce que nous l'avons portée au maximum, en arrosant le fumier avec de l'eau, pour obtenir une quantité déterminée de purin. La potasse est plus abondante dans les fumiers d'Arcy, parce que l'urine de vache est plus riche en potasse que l'urine humaine qui a servi à nos expériences.

Notre fumier n° 1 est resté plus riche en azote ammoniacal, parce que sa faible surface d'évaporation ne lui a pas permis de perdre autant de carbonate d'ammoniaque que notre n° 7 qui était étalé sur une plus large surface.

On sait d'ailleurs que les caractères essentiels de la formation du fumier sont :

La destruction d'une certaine quantité de matières organiques par oxydation, avec dégagement d'acide carbonique et la formation d'acides bruns qui se dissolvent plus ou moins dans le purin et lui donnent sa couleur caractéristique.

Or, nous avons constaté pour nos fumiers n° 1 et n° 7 (1re série), les déperditions de matière sèche qui ressortent des chiffres suivants :

		N° 1.	N° 7.
		gr.	gr.
Matière sèche introduite	par la paille	69,15	138,30
	par le crottin	45,90	183,60
	par l'urine	15,00	20,00
	Total	130,05	341,90
Matière sèche retrouvée	dans le fumier	62,511	154,338
	dans le purin	7,663	15,348
	Total	70,174	169,686
Matière sèche	perdue	60,876	172,214
	perdue pour 100 de la matière sèche introduite	46.81	58.40

Il y a donc eu destruction de matière sèche dans une forte proportion dans les deux expériences, mais plus forte au n° 7 qu'au n° 1, parce que la surface d'oxydation était plus grande.

Voici, en outre, la composition des deux purins comparée au

purin de la grande citerne de la ferme d'Arcy, où se rendent les purins qui s'écoulent après avoir traversé le tas de fumier :

	PURIN des fumiers d'expériences.		PURIN de la ferme d'Arcy.	
	N° 1.	N° 7.	Normal.	Calculé.
	Dans un litre.			
	gr.	gr.	gr.	gr.
Matière sèche	7,663	7,674	43,066	7,668
Eau	992,337	992,326	956,934	992,332
Acides noirs	1,800	2,240	2,820	0,503
Azote ammoniacal	0,698	0,161	3,111	0,555
— nitrique	0,000	0,000	0,030	0,005
— organique	0,163	0,150	0,813	0,145
Total	0,861	0,311	3,954	0,705
Acide phosphorique	0,115	0,262	0,157	0,028
Chaux	0,201	0,344	0,272	0,048
Magnésie	0,002	0,133	0,426	0,076
Potasse	0,890	1,321	10,115	1,804
Soude	0,858	0,980	0,901	0,161

On a vu plus haut que les fumiers d'Arcy étaient plus secs que les nôtres. Leur purin est aussi plus riche en matière sèche que ceux de nos expériences qui ont été dilués par les additions d'eau que nous avons indiquées. C'est pourquoi nous donnons à côté de la composition du purin d'Arcy normal, c'est-à-dire tel qu'il a été puisé dans la fosse, une seconde colonne indiquant la même composition pour un purin qui contiendrait une quantité d'eau moyenne entre celles contenues dans nos deux purins d'expériences.

On voit, en comparant cette 4e colonne aux deux premières, que le purin d'Arcy est moins riche que les nôtres de presque tous les éléments et, notamment, en acides noirs, ce qui montre que nos fumiers étaient plus faits (plus décomposés) que ceux de la ferme d'Arcy.

Ils exhalaient, en effet, une forte odeur de fumier fait et présentaient l'aspect que les cultivateurs caractérisent par l'expression de *beurre noir* qu'ils emploient pour désigner les fumiers très avancés.

Il est donc bien certain que, dans nos expériences, nous avons fait

du vrai fumier et que les phénomènes physiques et physiologiques qui s'y sont produits sont bien ceux qui accompagnent la préparation du fumier, dans la grande culture.

Nous pouvons maintenant examiner l'influence exercée par les divers traitements que nous avons fait subir à nos fumiers, bien assuré qu'un traitement semblable donnerait en grand, à l'intensité près, des résultats analogues à ceux que nous avons constatés.

I. — Influence de la fermentation sur la conservation du fumier.

Nous réunissons dans le tableau suivant toutes les expériences qui ont été faites sans aucune addition aux matières constituantes du fumier. Elles sont au nombre de sept, savoir : n[os] 1 et 7 de la 1[re] série ; n° 1 de la 2[e] série ; n[os] 1 et 2 de la 3[e] série ; ensilage de 1884, 2[e] série ; ensilage de 1886, 3[e] série.

Pour les fumiers de la 1[re] série, le dosage de la cellulose n'a pas été fait et les acides noirs n'ont été dosés que dans le purin.

		1re SÉRIE		2e SÉRIE	3e SÉRIE		ENSILAGES	
		N° 1.	N° 7.	N° 1.	N° 1.	N° 2.	1884.	1886.
Durée	jours.	194	194	88	199	199	116	205
Température	deg.	15 à 20	15 à 20	40 à 45	40 à 45	40 à 45	40 à 45	40 à 45
Pression par cent. carré	gr.	0	0	0	2,20	26,13	0	14,00
Sur 100 de chaque matière introduite.								
Matière sèche	Perte.	53.71	56.20	42.13	50.82	40.24	11.75	18.56
Cellulose	—	»	»	68.99	80.76	73.42	15.95	5.71
Azote ammoniacal	—	49.92	85.30	78.92	80.36	78.31	34.30	37.20
— nitrique	—	0	0	0	56.13	43.86	0	23.62
— organique	Gain.	63.05	48.67	18.83	»	»	»	»
— organique	Perte.	»	»	»	33.66	30.87	56.40	69.20
— total	—	18.04	21.26	11.64	53.40	50.00	49.47	52.89
Acides noirs produits pour 100 de matière sèche	introduite.	»	»	6.64	5.28	5.03	5.19	7.32
Acides noirs produits pour 100 de matière sèche	retirée.	»	»	11.48	10.75	8.43	5.87	8.75

Matière sèche. — Il résulte incontestablement des chiffres consignés dans ce tableau que la fermentation du fumier, quelles que soient les conditions de température, de pression et d'aération dans lesquelles elle s'effectue, fait perdre une forte proportion de la matière sèche contenue dans le fumier primitif.

Cette perte paraît être d'autant plus élevée que l'accès de l'air est plus facile. Nous la voyons en effet s'élever de 53.71 à 56.20 p. 100 dans la 1re série, lorsque le fumier est étalé sur une plus grande surface et tomber de 50.82 à 40.24 p. 100, dans la 2e série, par le seul fait d'une pression plus forte supportée par la masse de fumier en fermentation. Dans les ensilages, l'air ne pouvant se renouveler, elle tombe au minimum, mais se maintient cependant encore à un taux assez élevé.

La perte de matière sèche résulte évidemment, pour la plus forte part, de l'oxydation des matières hydrocarbonées contenues dans la paille et dans les déjections animales. Nous en trouvons la preuve dans la disparition d'une forte proportion de la cellulose qui est certainement une des plus résistantes de ces matières.

Cette oxydation, cause principale de l'élévation de température qui se produit dans le fumier mis en tas, a pour résultat ultime la transformation des matières hydrocarbonées en eau et acide carbonique qui se dégage. Mais pour une partie plus ou moins importante de ces matières, l'oxydation ne va pas aussi loin et s'arrête à la formation des acides noirs dont le tableau précédent constate l'existence, dans nos divers essais.

On remarquera, également, que la proportion des acides noirs, par rapport à la matière sèche introduite, est un peu plus élevée au n° 1 qu'au n° 2 de la 2e série, c'est-à-dire dans celle des deux expériences où la pression était moindre et l'accès de l'air, par conséquent, plus facile.

Dans les ensilages, au contraire, bien que l'action de l'air soit réduite au minimum, ainsi que la perte de matière sèche, la formation des acides noirs est plus élevée, comme le montre le tableau suivant où les productions d'acides noirs sont calculées, toujours pour cent de matière sèche introduite, mais ramenées à un égal nombre de jours.

	ACIDES NOIRS produits en 205 jours.
N° 1, 3ᵉ série (surface couverte, faible pression). . . .	5.41 p. 100
N° 2, 3ᵉ série (surface couverte, forte pression)	5.18 —
Ensilage 1884 (sans pression)	9.17 —
Ensilage 1886 (avec pression)	7.32 —

C'est que dans le cas des ensilages, la transformation des matières hydrocarbonées en acides noirs ne se fait plus par le même mécanisme physiologique.

En présence de l'air, ce sont des microbes aérobies qui oxydent la matière organique. Dans les ensilages, les microbes intervenant ne peuvent être qu'anaérobies; les transformations chimiques qui engendrent la matière noire sont des dédoublements au lieu d'être des oxydations.

Toutefois, nous constatons également pour les ensilages que la pression ralentit la production des acides noirs.

Cellulose. — La cellulose est détruite comme la matière sèche, en proportion d'autant plus forte que l'oxydation est plus énergique, aussi sa disparition est-elle beaucoup plus faible dans les ensilages que dans les fumiers exposés à l'air, et dans les uns et les autres d'autant moindre que la pression est plus élevée.

Azote ammoniacal. — L'azote ammoniacal contenu dans les urines disparaît rapidement, pour une proportion très élevée, dans les fumiers exposés à l'air et d'autant plus complètement que la pression est moindre, ce qui semblerait indiquer une assez forte perte par évaporation du carbonate d'ammoniaque primitivement contenu. Dans les ensilages, l'azote ammoniacal se perd moins vite, mais il se perd néanmoins, bien que nous n'en ayons trouvé que des traces dans l'acide que traversaient les gaz avant de se dégager. Il est donc certain, au moins pour les ensilages, que la perte n'a pas pour cause l'évaporation. Il faut évidemment l'attribuer à l'action des microbes et, si elle est plus forte pour les fumiers exposés à l'air, c'est, très probablement, parce que les microbes aérobies sont plus actifs, à cet égard, que les microbes anaérobies.

Toutefois la perte d'azote ammoniacal se produit encore par une autre voie. On remarquera, en effet, que l'azote organique a augmenté dans les deux premières séries de nos expériences. Cette augmentation n'a pu avoir lieu que par la fixation de l'ammoniaque par certaines matières organiques et, notamment, par les acides noirs.

Il ne s'agit pas ici d'une simple combinaison de l'ammoniaque avec ces acides pour former des humates ammoniacaux, car ces sels seraient décomposés par la magnésie pendant le dosage de l'ammoniaque. La fixation est beaucoup plus profonde. L'ammoniaque entre dans la molécule même des acides noirs et forme, avec eux, des bases organiques qui résistent à l'action de la magnésie. On sait que le baron Paul Thénard est parvenu à préparer une base de ce genre qu'il a nommée glucylamine et qui contient une proportion très élevée d'azote.

Dans un échantillon de ce produit qui nous a été remis par l'éminent chimiste, nous avons trouvé en 1881, 12.411 p. 100 d'azote non déplaçable par la magnésie.

Il est donc certain qu'une partie plus ou moins importante de l'azote ammoniacal des urines qui disparaît pendant la fermentation des fumiers se fixe sur les matières organiques et n'est pas perdue.

Mais on sait que l'ammoniaque et les sels ammoniacaux sont très rapidement nitrifiés dans le sol et sont assimilés par les plantes avec la plus grande facilité, soit en nature, soit après nitrification. On sait aussi qu'aucune matière azotée végétale ou animale ne peut être directement absorbée par les racines et que la destruction préalable de ces matières par les microbes nitrificateurs ou par ceux de la putréfaction est indispensable pour l'utilisation de l'azote qu'elles contiennent.

Il était donc naturel de se demander dans quelle mesure l'ammoniaque des fumiers, une fois passée à l'état organique, pouvait concourir à la nutrition des plantes.

Pour le savoir, nous avons fait une série d'expériences physiologiques comparatives en 1884.

Ces expériences ont été faites, en double, dans des pots en verre,

munis de fentes latérales à leur partie inférieure et placés dans des cuvettes en verre contenant de l'eau distillée. Chaque pot a reçu 500 gr. de verre concassé formant drainage puis 1 500 gr. de sable additionné de 150 gr. d'eau distillée et de l'engrais suivant :

Sulfate de potasse	1gr,111
— de magnésie, calciné	0 ,640
— de chaux	0 ,811
Chlorure de sodium	0 ,071
Sulfate de fer	0 ,020
Phosphate bi-calcique	0 ,840
Carbonate de chaux	0 ,552
Total	4gr,055

Dans le sable employé, on a trouvé par la chaux sodée, 0,0069 d'azote p. 100, soit 103 milligr. pour les 1 500 gr. de sable contenu dans chaque pot. Il n'y avait dans ce sable ni azote ammoniacal, ni azote nitrique. L'azote dosé était donc de l'azote organique sous une forme indéterminée.

Les pots nos 1 et 2 n'ont pas reçu d'autres engrais.

Les pots nos 3 et 4 ont reçu chacun 300 milligr. d'azote à l'état de nitrate de soude.

Les pots nos 5 et 6 ont reçu chacun 200 milligr. seulement d'azote sous la même forme.

Les pots nos 7 et 8 ont reçu chacun 200 milligr. d'azote à l'état de sulfate d'ammoniaque.

Les pots nos 9 et 10 ont reçu chacun 300 milligr. d'azote à l'état de sang desséché.

Les pots nos 11 et 12 ont reçu chacun 300 milligr. d'azote à l'état de glucylamine de Paul Thénard.

Les pots nos 13 et 14 ont reçu chacun 300 milligr. d'azote à l'état d'acide fumique extrait d'un fumier fait, en le traitant par la soude caustique, précipitant l'acide fumique par l'acide chlorhydrique et le lavant jusqu'à ce que l'eau de lavage ne contienne plus de chlore.

La matière noire ainsi obtenue, séchée à 100°, contenait 1.62 p. 100 d'azote. On a donc dû en ajouter au sable 18gr,51 par pot, pour donner les 300 milligr. d'azote indiqués ci-dessus.

La glucylamine de Paul Thénard contenant 12gr,41 d'azote, il a suffi d'en ajouter à chaque pot 2gr,40 pour donner la même dose d'azote.

A ces 14 pots représentant 7 expériences devant donner la comparaison de l'influence de l'azote sous les formes nitrique, ammoniacale et organique de sang desséché, de glucylamine et d'acide fumique, il en a été ajouté 4 autres, pour comparer à ces diverses formes celle de l'azote organique du fumier lui-même, débarrassé par dessiccation de la majeure partie de son azote ammoniacal et celle de l'azote végétal pris dans du foin desséché et pulvérisé.

Mais comme ces deux engrais contenaient des substances minérales, il en a été tenu compte. L'engrais minéral ajouté a été composé de manière à compléter seulement les quantités de chaque élément utile apportées par l'engrais organique. Ces 4 pots ont donc reçu les mêmes quantités d'acide phosphorique, de potasse, de chaux, de magnésie, etc., que les 14 premiers, mais sous des formes un peu différentes.

Ils ont reçu, en outre, 300 milligr. chacun d'azote de fumier pour les nos 15 et 16, la même quantité d'azote végétal pour les nos 17 et 18.

Le 25 mai 1884, on a semé dans chaque pot 10 grains germés de sarrasin et on a rempli les cuvettes d'eau distillée jusqu'à un centimètre au-dessous des fentes latérales des pots.

Pendant toute la durée de la végétation les pots sont restés en plein air sur une table dans une serre couverte en verre et grillée pour les mettre à l'abri de la pluie et des oiseaux. L'eau qui servait à les arroser et à remplir les cuvettes avait été distillée sur du sulfate de cuivre et ne contenait pas d'ammoniaque.

Les sarrasins se sont développés régulièrement mais diversement dans tous les pots à l'exception des deux pots nos 13 et 14 ayant reçu de l'acide fumique, dans lesquels la plante a germé mais s'est flétrie presque aussitôt. Craignant un accident, on a resemé dans ces deux pots de nouvelles graines bien germées et le même phénomène s'est reproduit. La végétation a donc, bien décidément, refusé de se développer en présence de l'acide fumique.

Le 27 juin, dans les pots nos 17 et 18 ayant reçu l'engrais végétal,

les plantes étaient bien levées mais fort peu développées et très inférieures à celles des pots n° 1 et 2 n'ayant pas reçu d'engrais azoté. Il était manifeste que l'engrais végétal n'avait d'autre effet que de gêner la végétation. Afin de savoir si elle serait relevée par un apport d'azote nitrique, on a rajouté dans chacun de ces pots 100 milligr. d'azote à l'état de nitrate de soude.

La récolte a été faite le 16 septembre, en coupant les plantes au niveau du sol. Elles ont été séchées à 100° et pesées et les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Récoltes obtenues en 114 jours de végétation.

NUMÉROS D'ORDRE.	ENGRAIS.		TIGES et feuilles.	GRAINS.		RÉCOLTE	
				Nombre.	Poids.	totale.	des deux pots semblables.
		mgr.	gr.		gr.	gr.	gr.
1	Sans azote	»	0,950	6	0,140	1,090	= 1,940
2			0,750	4	0,100	0,850	
3	Azote nitrique	300	7,300	131	1,500	8,800	= 15,700
4			5,800	80	1,100	6,900	
5	—	200	6,000	172	2,025	8,025	= 15,225
6			5,700	118	1,500	7,200	
7	Azote ammoniacal. . .	200	5,550	119	1,400	6,950	= 12,850
8			4,800	109	1,100	5,900	
9	Azote sang.	300	4,100	86	0,500	4,600	= 11,100
10			5,100	102	1,500	6,500	
11	Azote glucylamine. . .	300	0,650	12	0,160	0,810	= 1,720
12			0,750	13	0,160	0,910	
13	Azote acide fumique. .	300	0	0	0	0	= 0
14			0	0	0	0	
15	Azote fumier.	300	4,000	85	1,050	5,050	= 9,145
16			3,045	86	1,050	4,095	
17	Azote végétal. . . . . Plus azote nitrique . .	300 100	0,800	5	0,100	0,900	= 2,450
18	—	—	1,300	26	0,250	1,550	

Pour nous rendre compte de ce qui s'était passé à l'égard de l'azote, nous avons fait le dosage de cet élément dans les récoltes,

grains et pailles réunis et pulvérisés, ce qui nous a donné les résultats suivants :

Mouvement de l'azote dans les 18 expériences.

NUMÉROS D'ORDRE.	ENGRAIS.	AZOTE introduit par le sable.	AZOTE introduit par la graine.	AZOTE introduit par l'engrais.	AZOTE TOTAL.	RÉCOLTE OBTENUE.	AZOTE dans la récolte.	AZOTE dans la récolte totale.	MOYENNE de 2 pots semblables.
		mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	gr.	p 100.	mgr.	mgr.
1	Pas d'engrais azoté.	103,5	3,79	0	107,29	1,090	3.012	33	29
2		103,5	3,79	0	107,29	0,850	2.970	25	
3	Azote nitrique. . .	103,5	3,79	300	407,29	8,800	3.181	280	252
4		103,5	3,79	300	407,29	6,900	3.264	225	
5	Azote nitrique. . .	103,5	3,79	200	307,29	8,025	2.472	198	242
6		103,5	3,79	200	307,29	7,200	3.974	286	
7	Azote ammoniacal .	103,5	3,79	200	307,29	6,950	3.474	241	231
8		103,5	3,79	200	307,29	5,900	3.766	222	
9	Azote sang. . . .	103,5	3,79	300	407,29	4,600	2.504	115	137
10		103,5	3,79	300	407,29	6,500	2.420	160	
11	Azote glucylamine.	103,5	3,79	300	407,29	0,810	3.286	27	26
12		103,5	3,79	300	407,29	0,910	2.738	25	
15	Azote fumier. . .	103,5	3,79	300	407,29	5,050	2.444	123	120
16		103,5	3,79	300	407,29	4,095	2.892	118	
17	Azote végétal et nitrique. . . .	103,5	3,79	400	507,29	0,900	3.292	29	39
18		103,5	3,79	400	507,29	1,550	3.114	49	

Il résulte clairement de ces chiffres que l'azote de l'acide fumique et de la glucylamine a été complètement inassimilable. Pour l'acide fumique les plantes ont refusé de pousser et, pour la glucylamine elles ne se sont pas plus développées que sans azote additionnel et ont contenu un peu moins d'azote que dans cette dernière condition : 26 milligr. au lieu de 29. L'azote végétal n'a pas été plus efficace car le faible excédent de récolte des pots 17 et 18 est dû à l'azote nitrique qu'ils ont reçu le 27 juin. L'azote du fumier a produit un meilleur effet, celui du sang un effet meilleur encore, mais, dans aucun cas, l'azote donné sous forme organique ne s'est montré aussi

efficace que l'azote ammoniacal et, surtout, que l'azote nitrique. Si, en effet, on retranche de la quantité moyenne d'azote contenue dans la récolte de chaque pot la quantité moyenne des récoltes n° 1 et n° 2 qui indique ce que le sable et la semence ont pu donner par eux-mêmes, on arrive aux résultats suivants pour les quantités d'azote fournies à la végétation par les engrais et par pot :

NUMÉROS d'ordre.	ENGRAIS.	AZOTE dans l'engrais.	AZOTE dans la récolte.	QUANTITÉ à retrancher.	AZOTE fourni par l'engrais.	AZOTE absorbé p. 100 de l'azote engrais.
—	—	—	—	—	—	—
		milligr.	milligr.	milligr.	milligr.	
3 et 4	Azote nitrique . .	300	252	29	223	74.33
5 et 6	— — . .	200	242	29	213	totalité
7 et 8	— ammoniacal.	200	231	29	202	totalité
9 et 10	— sang . . .	300	137	29	108	36.00
11 et 12	— glucylamine.	300	26	29	—3	0
15 et 16	— fumier. . .	300	120	29	91	30.33
17 et 18	— végétal . . — nitrique . .	300 100	39	29	10	2.50

L'azote contenu à l'état organique dans le sable et dans la graine a été absorbé dans la proportion de 29 milligr. pour 107^{mgr},29, soit 27 p. 100. L'azote du sang et l'azote du fumier ont eu à peu près la même efficacité puisqu'ils ont été absorbés l'un à 36 et l'autre à 30.33 p. 100. L'azote végétal et l'azote de la glucylamine n'ont exercé aucune influence appréciable. Quant à l'azote nitrique il a été non seulement absorbé en totalité aux n°s 5 et 6, mais encore il a déterminé une assimilation supplémentaire de 13 milligr. par pot d'azote emprunté soit à l'air, soit au sable et à la graine. On conçoit, en effet, que la plante, se développant énergiquement, grâce à l'azote nitrique, ait pu mieux utiliser l'azote du sable que dans les pots n°s 1 et 2 où elle ne s'est que très faiblement développée.

Aux n°s 3 et 4, l'azote nitrique s'étant trouvé en excès n'a pu être absorbé en totalité et l'excès a été plus nuisible qu'utile car nous constatons que si la récolte des n°s 3 et 4 est un peu supérieure en totalité à celle des n°s 4 et 5, elle lui est, au contraire, très inférieure

comme production de grain. Nous avons, en effet, pour ces deux expériences :

	PAILLE.	GRAIN.	TOTAL.
	gr.	gr.	gr.
Nos 3 et 4.	13,10	2,60	15,700
— 5 et 6.	11,70	3,525	15,225

L'azote ammoniacal aux nos 7 et 8 a été aussi absorbé en totalité, mais la récolte est, néanmoins, notablement inférieure en paille et en grain, ce qui indique bien une infériorité marquée de l'azote ammoniacal par rapport à l'azote nitrique.

Mais l'azote organique est encore bien moins actif, ainsi que nous l'avons précédemment constaté.

On peut évidemment se demander si la difficulté d'assimilation de l'azote ammoniacal et de l'azote organique, dans ces expériences, ne tient pas à ce que la nitrification n'aurait pu s'y produire, faute de ferment nitrique.

Pour faire la lumière sur ce point, on a recherché l'azote nitrique dans les sols, à la fin de l'expérience. Pour cela le contenu de chaque pot a été desséché ainsi que le contenu de la cuvette. Le tout soigneusement recueilli a été tamisé, le pot, la cuvette et les fragments de verre ont été lavés et l'eau de lavage évaporée sur une partie du sable qui a été ensuite mélangée à la masse. Les racines, séparées par le tamisage, ont été pulvérisées et également mélangées à la masse sur laquelle on a prélevé un échantillon de 50 gr. pour faire le dosage de l'azote nitrique, par le procédé indiqué ci-dessus. Voici les résultats obtenus :

NUMÉROS d'ordre.	ENGRAIS.			AZOTE NITRIQUE dans 100 gr. de matière.	AZOTE NITRIQUE dans le contenu du pot.
		milligr.		milligr.	milligr.
1 et 2	Sans azote	»	Moyenne	0,189	2,835
3 et 4	Azote nitrique . . .	300	—	3,150	47,250
5 et 6	— — . . .	200	—	1,008	15,120
7 et 8	— ammoniacal. .	200	—	0,756	11,340
9 et 10	— sang	300	—	0,756	11,340
11 et 12	— glucylamine .	300	—	1,512	22,680
13 et 14	— acide fumique.	300	—	0,756	11,340
15 et 16	— fumier. . . .	300	—	1,008	15,120
17 et 18	{ — végétal. . . . — nitrique . . .	300 100 }	—	1,008	15,120

Il est à remarquer que, dans les pots n°s 3 et 4 qui ont reçu 300 milligr. d'azote nitrique, nous en retrouvons 47mgr,25 qui, ajoutés à la quantité d'azote contenue dans la récolte, soit 252 milligr., forment un total de 299mgr,25, très voisin de la quantité donnée. Il semble donc qu'en présence d'un excès d'azote nitrique, la plante n'a pas utilisé d'azote d'autre provenance et que l'azote du sable ne s'est pas nitrifié.

La présence de l'azote nitrique dans les sols qui n'avaient pas reçu de nitrate montre bien que le ferment nitrique n'a pas fait défaut et que, si la végétation n'a pu utiliser l'azote organique aussi bien que l'azote nitrique, c'est uniquement parce que les matières azotées employées ont présenté une grande résistance à l'action du ferment.

Il est donc bien certain que l'azote ammoniacal des fumiers en se fixant sur les acides noirs provenant de la destruction partielle des matières hydrocarbonées pendant leur fermentation devient difficilement nitrifiable et, par conséquent, fort peu assimilable par la végétation. Cette fixation est donc peu avantageuse car, si elle évite la perte dans l'atmosphère d'une portion importante de la valeur du fumier, elle lui donne une forme qui la rend irréalisable pour un temps plus ou moins long. Ainsi s'expliquent, d'ailleurs, les accumulations d'azote que constate l'analyse dans les terres qui ont reçu, pendant longtemps, d'abondantes fumures ou qui ont été enrichies de débris végétaux par une végétation prolongée, sans l'intervention de la charrue, telles que les bois et les prairies.

Azote nitrique. — L'azote nitrique n'existe généralement pas dans les déjections animales. Il s'y trouve cependant quelquefois en petites quantités par suite de l'élimination, par les urines, des nitrates qui peuvent exister, en excès, dans la nourriture des animaux, notamment dans la betterave fourragère. Mais lorsque ces déjections mêlées aux litières sont mises en tas, pour faire du fumier, il se produit à la surface du tas des ferments aérobies qui nitrifient l'ammoniaque et peut-être aussi une certaine proportion de l'azote organique, si bien que, dans tous les fumiers de ferme, on trouve de l'azote nitrique.

Dans nos deux premières séries d'expériences il n'existait pas de nitrates dans les matières premières et nous n'en avons point trouvé dans les fumiers obtenus sans addition de produits chimiques. Mais dans la 3e série et dans l'ensilage de 1886, les matières employées en contenaient une faible quantité qui a diminué de plus de moitié (56.13 p. 100), au n° 1 sous une faible pression, et 43.86 p. 100 au n° 2 sous une pression plus forte. Dans l'ensilage de 1886 la diminution a été plus faible encore puisqu'elle n'atteint que 23.62 p. 100. Dans cet ensilage la pression était moins forte qu'au n° 2 puisqu'elle n'était que de 14 gr. par centimètre carré au lieu de 26gr,13. Mais l'air ne pouvait se renouveler et les microbes opérants n'étaient pas de même nature.

L'azote nitrique semble donc avoir diminué d'autant moins que la pression a été plus forte. Quel est le mécanisme de cette destruction des nitrates? Est-ce une simple réduction chimique par les acides noirs? Est-ce une décomposition analogue à celle que M. Dehérain a signalée dans les terres de bruyère et qui s'opère sous l'influence de certains microbes anaérobies?

N'est-il pas possible même que la destruction des nitrates soit précisément la cause de la perte considérable d'azote ammoniacal que nous avons constatée? On peut bien admettre, en effet, que la nitrification étant très active à la surface du fumier, grâce aux microbes aérobies qui s'y multiplient, l'azote ammoniacal est d'abord transformé en nitrates qui, descendant dans les couches plus profondes, vu leur solubilité, seraient décomposés par les microbes anaérobies. Les petites quantités d'azote nitrique que l'analyse constate dans les fumiers ne seraient, alors, que le résidu de ce travail qui aurait dissipé dans l'atmosphère, à l'état d'azote élémentaire ou de protoxyde d'azote, la plus grande partie de l'azote primitivement ammoniacal.

On pourrait même s'expliquer ainsi la disparition de l'azote organique qui serait devenu ammoniacal, par suite de la fermentation putride des couches profondes, serait allé se nitrifier à la surface et serait redescendu se faire volatiliser, dans les couches profondes, sous forme d'azote ou de protoxyde d'azote, par les microbes destructeurs des nitrates.

De nouvelles expériences pourront seules nous apprendre ce qu'il faut penser de ces diverses théories, celles que nous avons faites n'ayant pas été disposées de manière à trancher ces sortes de questions[1].

Azote organique. — Dans les deux premières séries de nos expériences où les fumiers n'étaient nullement comprimés et où l'air pénétrait aisément, l'azote organique a augmenté dans d'assez larges proportions. Cette augmentation doit évidemment être attribuée, comme nous l'avons dit ci-dessus, à la fixation de l'ammoniaque sur la matière organique. Toutefois nous constatons que cette fixation n'est que partielle et, qu'en fin de compte, le fumier a perdu, dans toutes les expériences, une quantité importante d'azote, puisque l'azote total a diminué de 18 et de 21 p. 100, dans la première série, et de 11.64 p. 100 dans la seconde. Il est à remarquer que cette seconde expérience n'a duré que 88 jours au lieu de 194 et que, si elle se fût prolongée aussi longtemps que la première, il est probable que la perte d'azote eût été au moins égale.

Dans la troisième série, l'accès de l'air étant diminué par des pressions diverses, au lieu d'un gain d'azote organique, nous constatons une perte de 30 à 34 p. 100 qui, ajoutée à la perte d'azote ammoniacal et d'azote nitrique, donne une perte totale de 50 à 53 p. 100.

Dans les ensilages la perte d'azote organique est encore plus élevée, puisqu'elle atteint 69.20 p. 100, dans l'ensilage de 1886. Mais comme la perte d'azote ammoniacal est moindre, la perte totale ne dépasse pas celle de la troisième série.

Pourquoi cette différence entre les résultats des deux premières séries et ceux de la troisième et des ensilages?

On peut en trouver la raison dans les effets de la putréfaction qui est d'autant plus intense que l'accès de l'air est plus difficile et qui se trouve par conséquent à son maximum d'intensité dans l'ensilage de 1886.

---

1. Il résulte précisément d'expériences faites récemment en Allemagne que cette manière de comprendre les transformations qui s'opèrent dans les fumiers était parfaitement exacte.

Afin de nous rendre compte de l'influence que pouvait exercer le carbonate d'ammoniaque de l'urine sur les phénomènes chimiques qui se produisent pendant la fermentation des fumiers, nous avions ajouté à notre deuxième série un essai sans urine. En voici les résultats comparés à ceux de l'essai n° 1 de la même série :

Influence du carbonate d'ammoniaque.

2e SÉRIE.		SUR 100 de chaque matière introduite. N° 1. Avec urine.	SUR 100 de chaque matière introduite. N° 8. Sans urine.
Matière sèche	Perte	42.13	32.33
Cellulose	—	69.9J	54.13
Azote ammoniacal.	—	78.92	0
— organique	Gain	18.83	»
	Perte	»	30.21
— total	—	11.64	28.98
Acides noirs produits pour 100 de matière sèche	introduite. . .	6.64	5.13
	retirée	11.48	7.58

On a trouvé, en outre, dans le fumier fermenté n° 8 une trace d'azote nitrique et 0.030 d'azote ammoniacal p. 100 de la matière sèche introduite.

L'absence d'azote ammoniacal n'a donc pas empêché la perte d'azote puisqu'elle est relativement plus élevée dans le fumier sans urine que dans le fumier normal. Comme, dans ce cas, on ne peut songer à l'évaporation du carbonate d'ammoniaque, il faut bien trouver la cause de cette déperdition dans le travail des microbes qui ont été tout aussi abondants dans cette expérience que dans les autres. On voit, du reste, par le tableau qui précède, que la matière sèche et la cellulose ont disparu en proportion très élevée, bien qu'un peu moindre qu'au n° 1, et que, nonobstant l'absence du carbonate d'ammoniaque de l'urine, il s'y est formé des acides noirs.

La présence d'une petite quantité d'azote ammoniacal et de traces d'azote nitrique à la fin de l'expérience montre bien que la putréfaction et la nitrification ont pris part à la marche des transformations chimiques, comme dans les autres essais. Il est donc probable que

les matières organiques azotées ont été d'abord transformées en carbonate d'ammoniaque puis nitrifiées et l'acide nitrique détruit ensuite par les microbes anaérobies comme nous l'avons indiqué ci-dessus. Seulement, les quantités relativement faibles de carbonate d'ammoniaque et de nitrate formées ont été détruites à mesure de leur formation, de sorte qu'il n'en reste que la trace.

Il résulte donc, finalement, de ces expériences que, pendant la conservation des fumiers et leur mise en tas dans les cours de ferme, disposition qui réalise de la surface au pied du tas les diverses conditions d'aération, de pression et de température que nous avons imitées dans nos diverses expériences, il se fait un travail qui a pour résultat la perte d'une forte proportion de la matière sèche du fumier et d'une proportion non moins importante de l'azote primitivement contenu.

Ce travail a, en outre, pour conséquence de diminuer l'assimilabilité de l'azote qui se retrouve dans le fumier fait, par suite de la fixation de l'azote ammoniacal sur les acides noirs et sa transformation en matières organiques difficilement nitrifiables.

Les faits qui viennent d'être précisés n'ont pas échappé à la sagacité des savants qui ont étudié cette grave question avant nous.

Gazzeri, Vœlker ont constaté des pertes de matière sèche s'accentuant de plus en plus à mesure que la conservation du fumier se prolongeait. Pour six mois de conservation, en tas, à l'abri de la pluie, la perte a été de 50 p. 100 pour Vœlker, c'est-à-dire à peu près égale à celles que nous avons constatées dans nos expériences de même durée. Ce qui établit, une fois de plus, la similitude des réactions obtenues dans nos essais de laboratoire avec celles qui se produisent dans la pratique en grand.

Quant à la perte d'azote que nous avons signalée dès 1884 en publiant les résultats de notre première série d'expériences[1], elle a été également observée par Vœlker et par MM. Müntz et Girard qui ont constaté une perte de 11.5 p. 100 de l'azote d'un fumier de mouton resté en tas, à l'air libre, pendant 6 mois d'hiver et de

1. *Annales agronomiques*, t. X, 1884, p. 239 et suiv.

32.7 p. 100 pour un fumier de vache resté en tas pendant le même temps[1].

Mais ces diverses expériences peuvent laisser des doutes sur les causes de la déperdition vu l'exposition à l'air des tas de fumier mis en expérience et sur l'exactitude des nombres trouvés, à cause de la difficulté d'échantillonnage que nous avons précédemment signalée,

En tout cas, la déperdition d'azote ammoniacal ne pouvait être méconnue puisqu'elle se fait sentir, dans les étables mêmes, par le dégagement d'une certaine quantité du carbonate d'ammoniaque provenant de la fermentation de l'urée contenue dans les urines.

Aussi a-t-on, depuis longtemps, cherché à éviter cette déperdition par certaines additions au fumier, notamment par celle du plâtre, du sulfate de fer, du superphosphate, etc., etc.

C'est, précisément, dans le but de savoir ce qu'il fallait penser de l'influence de ces diverses additions que nous avons entrepris les expériences qui font le sujet de ce mémoire et dont il nous reste à exposer les résultats.

II. — Influence du carbonate de chaux.

Personne n'a conseillé d'ajouter au fumier du carbonate de chaux pour fixer son ammoniaque. Mais les agriculteurs introduisent fréquemment de la terre dans les tas de fumier et la terre contient souvent de fortes proportions de carbonate de chaux. Le plâtre peut aussi contenir une certaine quantité de ce corps. Il était donc important d'être fixé sur l'influence qu'il pouvait exercer sur la conservation du fumier. Aussi avons-nous fait intervenir le carbonate de chaux dans les expériences n° 4 et n° 5 de notre première série.

Dans l'expérience n° 5 il a été employé seul et au n° 4 il a été employé concurremment avec du phosphate fossile qui était lui-même un mélange de phosphate avec une petite quantité de carbonate de chaux, ainsi que nous l'avons précédemment expliqué.

La proportion de carbonate de chaux ajoutée était de 10 gr. pour 700 gr. de fumier frais, soit 10 kilogr. par mètre cube. Nous repro-

---

1. Voir *Les Engrais*, par MM. A. Müntz et Ch. Girard, 1888, t. I, p. 261 et suiv.

duisons les résultats obtenus en regard de ceux du n° 1 où il n'y avait pas de carbonate de chaux.

Influence du carbonate de chaux.

1re SÉRIE.		SUR 100 de chaque matière introduite.		
		N° 1. Sans carbonate.	N° 5. Avec carbonate.	N° 4. Avec carbonate et phosphate.
Matière sèche	Perte	53.71	57.32	59.10
Azote ammoniacal	—	49.92	70.41	61.40
— organique	Gain	63.05	35.15	45.29
— total	Perte	18.04	40.59	31.27
Acides noirs dans les purins, par litre	gr.	1,80	1,28	1,20

Il n'y avait pas d'azote nitrique dans les matières employées et on n'en a pas trouvé dans les produits obtenus.

Il résulte clairement de ces chiffres que le carbonate de chaux a considérablement augmenté la perte d'azote ammoniacal, diminué le gain d'azote organique et, finalement, doublé la perte d'azote total. La présence du phosphate a un peu atténué les mauvais effets du carbonate de chaux, mais sans en modifier le sens.

Si les purins des fumiers carbonatés contiennent moins d'acides noirs que sans carbonate, ce n'est pas qu'il s'en soit moins formé, mais seulement parce qu'il s'en est combiné une partie à la chaux du carbonate, pour former un humate ou fumate, insoluble dans l'eau.

Il convient, évidemment, de conclure de ces expériences que, dans la pratique, il faut s'abstenir de tout mélange, avec le fumier, de terre calcaire, de craie ou de marne qui en atténueraient singulièrement la puissance fertilisante.

III. — Influence de la chaux.

Au point de vue chimique, l'idée de mélanger de la chaux au fumier paraît au moins singulière. Cependant, dans certains pays, c'est une pratique assez répandue. Il était donc utile de se rendre compte des effets que pouvait produire cette addition. Aussi avions-nous introduit au n° 5 de notre troisième série une expérience avec

10 gr. de chaux. En voici les résultats comparés à ceux de l'expérience n° 1 qui n'en différait que par l'absence de la chaux.

Effets de la chaux.

3ᵉ SÉRIE.		SUR 100 de chaque matière introduite.	
		N° 1. Sans addition.	N° 5. Avec 10 gr. de chaux.
—		—	—
Matière sèche	Perte	50.82	54.10
Cellulose	—	80.76	81.29
Azote ammoniacal.	—	80.36	95.39
— nitrique	—	56.13	totalité
— organique	—	33.66	16.16
— total	—	53.40	53.94
Acides noirs produits pour 100 de la matière sèche	introduite. . .	5.28	5 31
	retirée	10.75	10.87

La chaux a augmenté les pertes d'azote ammoniacal et nitrique, mais elle a fortement diminué la perte d'azote organique. Les autres pertes n'ont pas été sensiblement modifiées, pas plus que la production des acides noirs. Le premier effet de la chaux a été, évidemment, de transformer le carbonate d'ammoniaque en ammoniaque caustique, en se transformant elle-même en carbonate de chaux. Mais, comme il n'y avait dans le mélange que 2ᵍʳ,098 d'azote ammoniacal, cette réaction a employé, au plus, 4ᵍʳ,196 de chaux. Il en est donc resté un excès qui a pu se combiner aux matières organiques azotées et les préserver, dans une certaine mesure, de l'action des microbes. De là, sans doute, la meilleure conservation de l'azote organique. Toutefois, l'addition de la chaux au fumier est une mauvaise pratique, car le fumier n° 1, qui n'a reçu aucune addition, possède sûrement une puissance fertilisante plus grande et, surtout, plus rapide que le fumier n° 5, à cause de sa richesse supérieure en azote ammoniacal.

L'utilité des additions de chaux ne peut cependant pas être contestée d'une manière absolue, car il existe des terres surchargées de matières azotées, dans lesquelles l'emploi de fumiers riches en azote assimilable produit de véritables accidents, tels que la verse des céréales et une telle exubérance de toute végétation que la fructification devient difficile. Dans ces cas, d'ailleurs assez rares, la chaux

devient utile en diminuant la puissance fertilisante du fumier, au point de vue de l'azote, tout en lui conservant l'utilité due à ses éléments minéraux (acide phosphorique, potasse, chaux, magnésie, etc.).

IV. — Influence du sulfate de chaux.

Le plâtre a été bien souvent conseillé pour fixer l'azote des fumiers. Ce conseil s'appuyait sur la réaction bien connue du carbonate d'ammoniaque sur le sulfate de chaux, d'où résulte du carbonate de chaux, plus insoluble que le sulfate de chaux, et du sulfate d'ammoniaque, plus fixe que le carbonate d'ammoniaque ($CaO,SO^3 + Az\,H^4O,CO^2 = CaO,CO^2 + Az\,H^4\,O,SO^3$). Il était donc intéressant de savoir si les choses se passaient réellement ainsi et, pour cela, nous avons fait les deux expériences n° 3 et n° 6 de notre première série, l'une (n° 6) avec du sulfate de chaux seul et l'autre (n° 3) avec sulfate et phosphate de chaux. Les quantités ajoutées étaient de 10 gr. pour 700 gr. de fumier frais, soit 10 kilogr. par mètre cube. On remarquera que 10 gr. de sulfate de chaux ($CaO,SO^3,2HO$) peuvent transformer en sulfate d'ammoniaque $1^{gr},86$ d'azote ammoniacal au plus, tandis que les matières mises en expérience en contenaient $2^{gr},832$. Il pouvait donc rester une certaine quantité de carbonate d'ammoniaque libre, ce que nous pensions alors nécessaire pour que la fermentation du fumier s'opérât dans des conditions normales.

Nous reproduisons dans le tableau suivant les résultats obtenus en regard de ceux du n° 1 qui doit toujours servir de terme de comparaison pour toutes les expériences de la première série.

Effets du sulfate de chaux.

1re SÉRIE.		SUR 100 de chaque matière introduite. N° 1. Sans sulfate de chaux.	N° 6. Avec sulfate de chaux seul.	N° 3. Avec sulfate et phosphate de chaux.
—		—	—	—
Matière sèche	Perte	53.71	60.65	50.97
Azote ammoniacal	—	49.92	67.33	71.43
— organique	Gain	63.05	44.84	39.46
— total	Perte	18.04	33.98	38.91
Acides noirs trouvés dans le purin, par litre	gr.	1,80	traces	traces

Les matières employées ne contenaient pas d'azote nitrique. On en a cependant trouvé 66 milligr. dans l'expérience n° 6 et 44 milligr. dans l'expérience n° 3. Il est donc évident que le sulfate de chaux a favorisé le travail des ferments oxydants, ce qui explique les pertes plus élevées en azote ammoniacal et en azote total, ainsi que la diminution du gain en azote organique qui résulte des chiffres donnés ci-dessus.

Loin, donc, de favoriser la conservation de l'azote ammoniacal, comme on l'avait supposé, le sulfate de chaux en augmente, au contraire, la perte, dans d'assez fortes proportions. S'il en est ainsi avec le sulfate de chaux pur employé dans nos expériences, à plus forte raison en serait-il de même avec le plâtre ordinaire qui contient toujours une certaine quantité de carbonate de chaux dont nous avons précédemment constaté les effets nuisibles.

C'est bien aussi à la présence d'une certaine proportion de carbonate de chaux qu'est due l'augmentation des pertes constatées au n° 3, où le sulfate de chaux était accompagné de phosphate contenant un peu de carbonate.

La pratique agricole doit donc s'abstenir de l'introduction du plâtre dans les fumiers, aussi bien que de l'addition du carbonate de chaux, bien que l'action du plâtre paraisse un peu moins nuisible, d'après nos expériences.

V. — Influence du phosphate de chaux.

On vient de voir les résultats de deux expériences dans lesquelles est intervenu le phosphate de chaux accompagné, dans l'une, par du carbonate de chaux en grand excès et, dans l'autre, par du sulfate de chaux.

Notre première série contenait, en outre, une expérience avec le même phosphate employé seul.

On trouvera dans le tableau suivant les résultats de ces trois essais comparés au n° 1, sans aucune addition.

Effets du phosphate de chaux.

1re SÉRIE.		SUR 100 DE CHAQUE MATIÈRE INTRODUITE.			
		N° 1. Sans phosphate.	N° 2. Phosphate du Cher.	N° 3. Phosphate et plâtre.	N° 4. Phosphate et carbonate.
—		—	—	—	—
Matière sèche	Perte	53.71	53.74	50.97	59.10
Azote ammoniacal	—	49.92	49.47	71.43	61.40
— organique.	Gain	63.05	51.03	39.46	45.29
— total	Perte	18.04	21.08	38.91	31.27
Acides noirs dans le purin, par litre	gr.	1,80	1,20	traces	1,20

On voit que le phosphate de chaux n'a pas exercé d'influence sensible, car la légère augmentation de la perte d'azote doit évidemment être attribuée à l'influence du carbonate de chaux que le phosphate employé contenait (9.11 p. 100).

Il ressort des tableaux précédents que la présence du phosphate de chaux a peu modifié les effets du carbonate de chaux qu'il paraîtrait avoir un peu atténués, et ceux du sulfate de chaux qu'il aurait, au contraire, un peu aggravés.

Somme toute, le phosphate de chaux introduit dans les fumiers, contrairement à ce qui a été souvent affirmé, n'exerce aucune action utile sur la conservation des matières azotées. A cet égard, il est plutôt nuisible à cause du carbonate de chaux qu'il contient presque toujours en quantité plus ou moins forte, lorsqu'il est emprunté aux phosphates naturels. Il est très probable que du phosphate de chaux pur n'exercerait aucune action.

Mais le but principal pour lequel l'introduction du phosphate de chaux dans les fumiers a été conseillée n'était pas la fixation de l'azote. Le baron Paul Thénard, ayant trouvé des cristaux de phosphate bicalcique dans la pompe à purin d'une fosse dont le fumier avait reçu une forte addition de phosphate des Ardennes, avait conclu de cette observation que le phosphate fossile avait été dissous par le purin et que, par conséquent, le fumier en fermentation attaquait les phosphates fossiles et les rendait solubles, de la même façon que l'acide sulfurique, sinon avec la même intensité.

En conséquence, le savant agronome conseilla l'addition, aux fumiers de ferme, des phosphates fossiles pour les rendre plus rapidement assimilables, sans recourir au traitement industriel, forcément plus dispendieux.

Ce conseil a été répété, depuis, dans un grand nombre de publications et l'addition des phosphates au fumier de ferme, au moment de sa mise en tas ou même dans les étables, est devenue une pratique très répandue. Nous donnerons plus loin les résultats de nos expériences sur cette intéressante question.

VI. — Influence du superphosphate.

Nous venons de voir que le phosphate de chaux n'a exercé aucune influence utile sur la conservation de l'azote des fumiers. On pouvait se demander s'il en serait de même du superphosphate qui est acide et peut, par conséquent, fixer, au moins partiellement, l'azote ammoniacal, à l'état de phosphate d'ammoniaque.

La comparaison des essais n° 1 et n° 4 de notre 2ᵉ série indique l'influence exercée par l'addition d'un superphosphate très riche (20 p. 100 d'acide phosphorique soluble dans l'eau) à raison de 13^{kg},500 par mètre cube de fumier.

Effets du superphosphate.

2ᵉ SÉRIE.		SUR 100 de chaque matière introduite. N° 1. Sans addition.	SUR 100 de chaque matière introduite. N° 4. Avec superphosphate.
Matière sèche	Perte	42.13	29.28
Cellulose	—	69.99	68.61
Azote ammoniacal	—	78.92	11.85
— organique	Gain	18.83	»
— organique	Perte	»	10.68
— total	Perte	11.64	11.05
Acides noirs produits pour 100 de matière sèche	introduite	6.61	5.10
Acides noirs produits pour 100 de matière sèche	retirée	11.48	7.21

L'effet du superphosphate a été de diminuer l'intensité de la fer-

mentation, car la perte de matière sèche a été atténuée de plus d'un quart et la formation des acides noirs a été, aussi, sensiblement diminuée. La destruction de la cellulose n'a pas subi de changement sensible, mais l'azote ammoniacal a été bien conservé, puisque sa perte est descendue de 78.92 p. 100 à 11.85 p. 100, seulement.

Quant à l'azote organique, au lieu d'augmenter de 18.83 p. 100, il a diminué de 10.68 p. 100, ce qui semble indiquer que, l'acide phosphorique s'étant opposé à la destruction de l'ammoniaque et à sa fixation sur les matières organiques, l'action des microbes s'est surtout portée sur la matière organique azotée.

Au total, la perte d'azote du fumier superphosphaté est à peu près la même que sans superphosphate, mais elle porte surtout sur l'azote organique au lieu de frapper l'azote ammoniacal. Il en résulte que le fumier superphosphaté serait beaucoup plus actif, puisqu'il est beaucoup plus riche en azote ammoniacal très rapidement assimilable.

Théoriquement, l'addition du superphosphate au fumier de ferme se présente donc comme un bon moyen de conservation de ses propriétés fertilisantes, sans parler de l'amélioration qui résulte de l'acide phosphorique apporté.

Mais, pratiquement, cette addition est-elle possible ? Ne nécessiterait-elle pas une dépense hors de proportion avec le résultat obtenu ?

Dans notre expérience, la dose de superphosphate (riche à 20 p. 100 d'acide phosphorique soluble) a été de 13^{kg},500 par mètre cube de fumier pesant 700 kilogr., ou 19^{kg},300 par 1 000 kilogr. de fumier non fermenté. Comme le fumier a perdu, pendant la fermentation, 29.28 p. 100 de sa matière sèche, si on le suppose au même degré d'humidité après comme avant la fermentation, les 1 000 kilogr. se sont réduits à 939^{kg},24, qui contiennent toujours 19^{kg},300 de superphosphate, soit 20^{kg},55 par 1 000 kilogr. Si on emploie ce fumier à raison de 40 000 kilogr. à l'hectare, on apportera, par conséquent, 822 kilogr. de superphosphate contenant 165 kilogr. d'acide phosphorique soluble en sus des phosphates contenus normalement dans le fumier. Or, un supplément de 40 à 50 kilogr. d'acide phos-

phorique soluble suffit généralement pour produire une bonne récolte. La quantité d'acide phosphorique nécessaire pour fixer l'azote ammoniacal du fumier est donc de 3 à 4 fois plus forte que celle que doit recevoir la terre où ce fumier sera employé. Ce procédé de conservation a, par conséquent, le grave inconvénient d'exiger une consommation d'acide phosphorique très exagérée et, par suite, des frais excessifs. La dose de superphosphate que nous avions ajoutée était cependant à peine suffisante, puisque nous avons constaté une perte de 11.85 p. 100 de l'azote ammoniacal, malgré cette addition.

VII. — Influence du sulfate de magnésie.

On a souvent conseillé l'addition au fumier de ferme de certains sels magnésiens, notamment de la kaïnite, résidu de l'exploitation des mines de Stassfurt, qui contient 25 p. 100 de son poids, environ, de sulfate de magnésie associé à des sels de soude et de potasse.

Théoriquement, on peut penser que les sels de magnésie favoriseront, dans le fumier, la formation du phosphate ammoniaco-magnésien, dans lequel l'ammoniaque se trouverait fixée. Mais il faudrait pour cela que le fumier contînt une quantité suffisante d'acide phosphorique, ce qui n'est pas, à moins qu'on n'y en ajoute en même temps que le sel magnésien.

Afin de savoir ce qu'il faut penser de l'influence des sels de magnésie, avec ou sans addition d'acide phosphorique, nous avons fait les trois essais n°s 2, 5 et 7 de notre 2e série, avec addition de sulfate de magnésie seul au n° 2 et du même sel accompagné de superphosphate au n° 5 et d'acide phosphorique libre au n° 7.

La quantité de sulfate de magnésie ajoutée, dans les trois cas, a été la même et correspondait à 18 kilogr. par mètre cube de fumier frais (pesant 700 kilogr.).

Au n° 5, la quantité de superphosphate a été la même que dans l'expérience précédente, soit 13^{kg},500 au mètre cube.

Au n° 7, la solution concentrée d'acide phosphorique qui a été ajoutée (20 centimètres cubes de solution à 25 p. 100 PhO^5) représen-

tait 2kg,258 d'acide phosphorique anhydre par mètre cube de fumier frais pesant 700 kilogr.

Voici les résultats obtenus, comparés à ceux de l'essai n° 1 sans aucune addition :

Effets du sulfate de magnésie.

2e SÉRIE.		SUR 100 DE CHAQUE MATIÈRE INTRODUITE.			
		N° 1. Sans addition.	N° 2. Sulfate, magnésie.	N° 5. Sulfate, magnésie et superphosphate.	N° 7. Sulfate, magnésie et acide phosphorique.
—		—	—	—	—
Matière sèche	Perte	42.13	42.79	24.92	29.13
Cellulose	—	69.99	73.95	52.20	70.36
Azote ammoniacal	—	78.92	74.37	2.15	6.33
— organique	Gain	18.83	»	»	»
	Perte	»	9.51	21.98	4.67
— total	—	11.64	29.85	15.75	5.18
Acides noirs produits pour 100 de matière sèche	introduite	6.64	2.67	3.15	4.39
	retirée.	11.48	4.50	4.20	6.19

Au n° 2 (sulfate de magnésie seul) on a trouvé des traces d'azote nitrique dans le produit obtenu.

Comme le sulfate de chaux, le sulfate de magnésie, employé seul, a été nuisible. Il a augmenté, presque triplé, la perte d'azote total sans diminuer sensiblement la perte d'azote ammoniacal. Il paraît avoir modifié le travail des ferments de la même manière que le sulfate de chaux, car il a également diminué la production des acides noirs et fait apparaître de l'azote nitrique, tout en augmentant la destruction de la cellulose, ce qui montre bien qu'il a favorisé les oxydations.

Mais lorsque le sulfate de magnésie a été accompagné de superphosphate ou d'acide phosphorique, ses effets ont été différents. Le traitement est, alors, devenu fort efficace, car il a évité presque complètement la perte d'ammoniaque qui est tombée à 2.15 p. 100 au n° 5 et à 6.33 p. 100 au n° 7, pendant que la perte d'azote total a peu augmenté au n° 5 et a diminué au n° 7. La formation du phosphate ammoniaco-magnésien est donc très favorable à la conserva-

tion de la valeur fertilisante du fumier, mais l'addition du sulfate de magnésie augmente les frais dans une assez forte proportion et l'amélioration qu'elle amène par rapport au superphosphate employé seul ne peut compenser la dépense. On a, en effet, par mètre cube de fumier frais :

	SUPERPHOSPHATE	
	seul.	avec sulfate de magnésie.
Valeur du superphosphate (13^{kg},54 à 20 p. 100 et à 0 fr. 50 c. l'unité)	1^{f},35^{c}	1^{f},35^{c}
Valeur du sulfate de magnésie (18 kilogr. à 12 fr. les 100 kilogr.).	0,00	2,16
Dépense totale	1^{f},35^{c}	3^{f},51^{c}
Azote ammoniacal conservé . . . . . kilogr.	1	1,143
Valeur de l'azote ammoniacal conservé (à 1 fr. 10 c. l'unité)	1^{f},10^{c}	1^{f},26^{c}
Perte.	0^{f},25^{c}	2^{f},25^{c}

On peut, il est vrai, se procurer le sulfate de magnésie à moins de 12 fr. les 100 kilogr. dans les résidus de l'exploitation des mines de Stassfurt, mais les chiffres précédents montrent qu'il sera toujours trop cher, quel qu'en soit le prix, car l'augmentation de dépense qui résultera de son emploi sera toujours très supérieure à l'avantage qu'il peut procurer.

L'intervention des sels de magnésie ne serait justifiée que dans le cas où, le sol qui doit recevoir le fumier manquant de magnésie, il serait nécessaire de lui en fournir. Mais c'est là une situation fort exceptionnelle car la plupart des terres cultivées sont suffisamment riches en magnésie.

VIII. — Influence du sulfate de fer.

En présence du carbonate d'ammoniaque le sulfate de protoxyde de fer donne du sulfate d'ammoniaque et du carbonate de protoxyde de fer qui absorbe rapidement l'oxygène de l'air, pour se transformer en sexquioxyde de fer.

Ce sesquioxyde se transforme lui-même en sulfure au contact du sulfhydrate d'ammoniaque qui se produit pendant la fermentation du fumier.

Le sulfate de fer possède donc la propriété de fixer, à la fois, l'ammoniaque et l'hydrogène sulfuré qui sont les deux causes principales de la mauvaise odeur des fumiers. Aussi a-t-il été conseillé depuis longtemps comme désinfectant et comme conservateur de l'azote ammoniacal.

Au n° 6 de notre 2e série nous avions ajouté au fumier frais du sulfate de fer dans la proportion de 20 gr. pour 1 550 gr. de fumier frais, soit 9 kilogr. par mètre cube (à 700 kilogr.) ou 12kg,900 pour 1 000 kilogr.

Voici les résultats obtenus, comparés à ceux du n° 1 de la même série qui n'avait reçu aucune addition :

Effets du sulfate de fer.

2e SÉRIE.		Sur 100 de chaque matière introduite. N° 1. Sans sulfate de fer.	N° 6. Avec sulfate de fer.
Matière sèche	Perte	42.13	46.01
Cellulose	—	69.99	80.38
Azote ammoniacal	—	78.92	73.67
— organique	Gain	18.83	»
	Perte	»	9.58
— total	—	11.64	29.68
Acides noirs produits pour 100 de matière sèche	introduite	6.64	3.39
	retirée	11.48	6.29

Le produit obtenu contenait des traces d'azote nitrique.

Il résulte de ces chiffres que loin de fonctionner comme le faisait prévoir la théorie, le sulfate de fer a fortement augmenté l'intensité des oxydations et, par suite, a produit une perte plus grande d'azote total tout en atténuant à peine la perte d'azote ammoniacal.

Le sulfate de fer ne convient donc, en aucune façon, à la conservation des fumiers. Il produit, il est vrai, une désinfection temporaire,

mais c'est aux dépens de la puissance fertilisante du fumier. Son emploi doit, par conséquent, être rejeté.

Il paraît assez singulier au premier abord que le sulfate de fer, qui est généralement employé dans les arts comme réducteur, puisse intervenir comme un oxydant énergique pendant la fermentation du fumier. Mais si l'on examine de plus près les réactions qui se produisent au sein de la masse, il est facile d'expliquer ce mode d'action. Nous avons dit, en effet, que le sulfate de fer était rapidement décomposé par le carbonate d'ammoniaque pour produire finalement, par suite de l'intervention de l'oxygène de l'air, du sesquioxyde de fer. Or, ce corps cède facilement une partie de son oxygène aux matières organiques et en reprend, ensuite, à l'air pour recommencer indéfiniment la même opération. Il fonctionne, par conséquent, comme un intermédiaire actif, pour saisir l'oxygène de l'air et le transporter sur les matières organiques. Si donc le sulfate de fer brûle le fumier au lieu de le conserver, c'est parce qu'il est lui-même décomposé par le fumier et transformé en produits dont les propriétés sont différentes des siennes.

IX. — Influence de l'acide sulfurique.

Au n° 4 de notre 2e série nous avions fait agir le superphosphate, c'est-à-dire l'acide sulfurique additionné de phosphate de chaux. Afin de dégager l'influence que pouvait avoir la saturation de l'acide sulfurique par le phosphate et, par conséquent, sa transformation en phosphate acide de chaux, nous avions installé un autre essai avec l'acide sulfurique seul au n° 3 de la même série. La quantité ajoutée était de 10 centimètres cubes d'acide sulfurique à 66° pesant 18gr,42 et pouvant transformer en sulfate d'ammoniaque 6 gr. d'azote ammoniacal, c'est-à-dire presque le double de la quantité contenue dans la masse de fumier mise en expérience. Mais pour transformer sûrement en sulfate d'ammoniaque la totalité du carbonate d'ammoniaque du fumier, il fallait nécessairement employer un excès d'acide sulfurique, car les carbonates alcalins et alcalino-terreux existant, soit dans l'urine, soit dans la paille et dans le crottin, devaient en absorber une certaine quantité. A la fin de l'expérience le purin

était nettement acide. Il est donc certain que l'acide sulfurique avait été ajouté en quantité suffisante.

Voici les résultats obtenus, comparés à ceux du n° 1 de la même série qui n'avait reçu aucune addition :

Effets de l'acide sulfurique.

2e SÉRIE.		SUR 100 de chaque matière introduite. N° 1. Sans acide sulfurique.	N° 3. Avec acide sulfurique.
Matière sèche	Perte	42.13	29.58
Cellulose	—	69.99	53.26
Azote ammoniacal	—	78.92	»
	Gain	»	5.39
— organique	—	18.83	»
	Perte	»	29.38
— total	—	11.64	18.48
Acides noirs produits pour 100 de matière sèche	introduite	6.64	7.07
	retirée	11.48	10.14

Le produit obtenu contenait des traces d'azote nitrique.

Il résulte de ces chiffres que l'influence de l'acide sulfurique, en excès, n'a pas empêché la fermentation puisque la quantité d'acides noirs produite a été plus forte que sans acide sulfurique, mais que l'intensité des oxydations a été modérée, dans une certaine mesure, les pertes en matière sèche et en cellulose ayant été moindres.

En ce qui concerne l'azote, nous constatons que l'azote ammoniacal a été parfaitement fixé et même un peu augmenté, l'ammoniaque provenant de la fermentation putride des albuminoïdes ayant été également fixée par l'acide en excès. Il semble donc qu'une fois transformée en sulfate, l'ammoniaque échappe à l'action destructive des microbes qui n'a pu s'exercer que sur la matière organique. Aussi, l'azote organique au lieu de s'accroître comme au n° 1 a-t-il, au contraire, diminué dans une assez forte proportion.

En somme, la perte d'azote total a été augmentée de 6.86 p. 100,

mais l'azote ammoniacal a été entièrement conservé et le fumier produit possède une valeur fertilisante supérieure. Si, en effet, nous faisons le compte de l'azote contenu dans les deux fumiers à la fin de l'expérience, nous arrivons aux résultats suivants, rapportés à la tonne de fumier frais, pris avant toute conservation :

	FUMIER sans acide.	FUMIER avec acide.
Azote ammoniacal à 1 fr. 10 c. .	$0^{kg},461 = 0^{f},51^{c}$	$2^{kg},317 = 2^{f},55^{c}$
— organique à 0 fr. 35 c. . .	5,726 = 2 ,00	3 ,397 = 1 ,19
Total	$2^{f},51^{c}$	$3^{f},74^{c}$

Plus-value de l'azote du fumier acide. . . . . . . 1 fr. 23 c.

Or, la fumure d'un hectare étant, en moyenne, de 40 000 kilogr. de fumier fait et la conservation du fumier lui ayant fait perdre, dans le cas du fumier acide, 6.14 p. 100 de son poids, pour obtenir 40 000 kilogr. de fumier fait il aurait fallu partir de 42 615 kilogr. de fumier frais représentant, à 1 fr. 23 c. par tonne, une plus-value de 52 fr. 42 c.

Mais, pour obtenir ce résultat il a fallu dépenser une quantité d'acide sulfurique correspondant à $17^{kg},700$ d'acide à 53° par tonne de fumier frais, soit, pour $42^{t},615$, 746 kilogr. à 5 fr. les 100 kilogr. = 37 fr. 30 c. Le bénéfice obtenu sur la fumure d'un hectare serait donc de 52 fr. 42 c. — 37 fr. 30 c. = 15 fr. 12 c.

Ce bénéfice peu important disparaîtrait bien vite, pour peu que le prix de l'acide sulfurique, rendu à la ferme, dépassât celui que nous avons adopté, soit 5 fr. les 100 kilogr.

Il suffirait qu'il atteignît 7 fr. pour que tout bénéfice fût annulé.

Or, l'acide à 53° vaut actuellement 3 fr. 50 c. au moins, les 100 kilogr., nu et pris aux usines. La détérioration ou la casse des emballages (touries en verre ou en grès contenues dans des paniers), le transport, le retour des emballages en doubleraient le prix, pour peu que la ferme où il devrait être utilisé soit éloignée de l'usine productrice.

Il faut, d'ailleurs, tenir compte de ce que, dans notre expérience, l'urine employée était de l'urine humaine, beaucoup moins riche en

potasse et en magnésie que l'urine des bêtes qui produisent le fumier de ferme.

Voici la composition de l'urine humaine employée à nos expériences comparée avec le purin de la ferme d'Arcy, pris dans le caniveau qui le conduit des étables à la fosse à fumier :

	PAR LITRE.		
	Urine humaine putréfiée.	Purin frais des étables d'Arcy.	
		En 1884.	En 1891.
	gr.	gr.	gr.
Azote ammoniacal	9,440	10,556	6,138
— organique	0,320	0,569	0,632
— total	9,760	11,125	6,770
Acide phosphorique	1,120	0,139	0,187
Chaux	0,050	0,082	0,212
Magnésie	0,002	0,556	0,161
Potasse	2,870	15,640	10,480
Quantité d'acide sulfurique anhydre nécessaire pour saturer les bases fixes et l'ammoniaque	29.48	44.67	27.76

Le purin des vaches d'Arcy exigeant autant et plus d'acide que l'urine humaine, il est évident que le léger bénéfice donné par ce genre de traitement pourrait facilement se changer en perte, pour peu que l'acide revînt, rendu à la ferme, un peu plus cher que le prix de 5 fr. que nous avons adopté.

Nous n'avons pas étudié, au même point de vue, l'urine des chevaux, mais il est bien probable qu'elle présente les mêmes difficultés, leur nourriture étant fort analogue à celle des bêtes à cornes.

Mais il s'agit ici du purin tel qu'il sort des étables pris à l'état de pureté. Dans la pratique, ce purin est employé à arroser le tas de fumier et celui-ci contient souvent des bases en quantités beaucoup plus fortes.

Voici les résultats que nous ont donnés les fumiers d'Arcy pris à la sortie des étables par 1 000 kilogr. :

	CHAUX.	MAGNÉSIE.	POTASSE.	AMMONIAQUE.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Quantités de bases à saturer. . . .	2,69	0,75	6,35	0,213
Quantités d'acide SO^3 nécessaires . .	3,84	1,50	5,39	0,503
Total		11,233		
Quantité d'acide à 53° correspondante.		20,460		

Valeur de l'acide à 5 fr. les 100 kilogr.	1^f,023
Valeur de l'azote ammoniacal à conserver : 0^{kg},175 à 1 fr. 10.	0,193
Perte.	0^f,830

Si, au lieu de prendre le fumier frais sortant de l'étable et encore peu imbibé de purin, on prend le fumier fait qui se trouve au pied du tas, on trouve :

	CHAUX.	MAGNÉSIE.	POTASSE.	AMMONIAQUE.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Quantités de bases à saturer. . . .	3,99	1,71	5,91	0,717
Quantités d'acide SO^3 nécessaires . .	5,70	3,42	5,02	1,671
Total		15,811		
Quantité d'acide à 53° correspondante.		28,776		

Valeur de l'acide.	$1^f,44^c$
Valeur de l'azote ammoniacal à conserver : 0^{kg},538 à 1 fr. 10.	0,58
Perte.	$0^f,86^c$

Suivant un travail récent de M. Stutzer, dont M. Grandeau a rendu compte dans une série d'articles publiés par le *Journal d'agriculture pratique,* les acides sulfurique et phosphorique possèdent la propriété d'arrêter le travail des microbes et, par conséquent, d'assurer la conservation de l'azote des fumiers. Mais, pour que ce résultat soit obtenu, il faut que ces acides soient ajoutés à la litière afin que les déjections se trouvent en contact avec eux avant toute fermentation. De cette façon, la transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque se trouve évitée et il suffit d'une quantité d'acide relativement faible pour obtenir le résultat cherché, puisque l'on n'a pas à saturer l'ammoniaque résultant de la fermentation.

Dans la pratique, il sera toujours difficile d'éviter complètement toute fermentation. Mais supposons que cela soit possible, grâce à l'emploi d'une quantité d'acide suffisante pour saturer toutes les bases libres ou carbonatées, moins l'ammoniaque, tout en laissant un léger excès d'acide libre, et voyons quelles seraient les quantités d'acide sulfurique nécessaires. Il n'y a évidemment pas lieu de s'occuper de l'acide phosphorique, qui ne peut être obtenu que par l'action de l'acide sulfurique sur les phosphates naturels et dont la valeur sera toujours forcément supérieure à celle de la quantité d'acide sulfurique ayant servi à le produire.

Reprenons notre fumier synthétique n° 1, 1re série, et calculons la quantité d'acide qu'il eût fallu lui ajouter suivant qu'il eût été préparé avec de l'urine humaine ou les urines de vache dont nous avons précédemment donné les analyses, mais prises avant qu'elles eussent subi aucune fermentation.

		DANS 1000 KILOGR. DE FUMIER préparé avec de l'urine		
		humaine.	de vache.	
			N° 1.	N° 2.
Azote	kg.	5,640	4,797	3,490
Chaux	—	2,690	2.695	2,733
Magnésie	—	0,310	0,467	0,348
Potasse	—	2,430	5,892	4,344
Acide sulfurique	—	1,440	1,728	1,728
Acide sulfurique anhydre nécessaire pour saturer les bases, déduction faite de celui qui existe déjà dans la masse	—	4,990	8,021	6,560
Acide à 53° correspondant	—	9,080	14,600	11,910
Valeur de cet acide à 5 fr. les 100 kilogr.	fr.	0,45	0,73	0,60
Azote à conserver 20 p. 100	kg.	1,128	0,960	0,698
Valeur de cet azote à 1 fr. 10 c.	fr.	1,24	1,056	0,77
Bénéfice de l'opération	—	0,79	0,326	0,17

Ces bénéfices sont très faibles et peuvent évidemment se changer bien facilement en perte, dans la pratique, si on n'arrive pas à empêcher complètement la formation de l'ammoniaque et si l'on est obligé de forcer les doses d'acide, afin d'être sûr de n'en pas manquer.

X. — Influence de l'acide chlorhydrique.

Les résultats obtenus avec l'acide sulfurique dans notre 2e série d'expériences nous ont engagé à examiner dans la 3e série l'action que pourrait avoir l'acide chlorhydrique employé de la même façon et concurremment avec du phosphate fossile qui aurait été préalablement dissous par l'action de cet acide, ce qui aurait pu avoir le double avantage de fixer l'azote ammoniacal à l'état de chlorhydrate d'ammoniaque et d'enrichir le fumier en acide phosphorique assimilable.

La quantité d'acide chlorhydrique employée au n° 2 a été de 15 centimètres cubes pour 775 gr. de fumier frais, contenant 2gr,098 d'azote ammoniacal. L'acide chlorhydrique du commerce contenant 40 p. 100 de son poids d'acide chlorhydrique réel (HCl) et ayant une densité de 1.20, les 15 centimètres cubes employés pesaient 18 gr. et contenaient 7gr,20 d'acide chlorhydrique capable de transformer en chlorhydrate d'ammoniaque 3gr,15 d'azote ammoniacal. L'acide était donc largement en excès par rapport au carbonate d'ammoniaque, dans le fumier.

Au n° 3 on a ajouté à la même quantité de fumier 20 centimètres cubes d'acide chlorhydrique, soit 24 gr., et 10 gr. de phosphate fossile du Cher. Ce phosphate contenait 14.50 p. 100 d'acide phosphorique et 25.41 p. 100 de chaux.

Les 2gr,541 de chaux exigeaient, pour être entièrement saturés, 3gr,32 d'acide chlorhydrique réel. Or, les 24 gr. d'acide ajoutés en contenaient 9gr,60. Il restait donc 6gr,38 d'acide réel pour transformer le carbonate d'ammoniaque en chlorhydrate. Mais 2gr,098 d'azote ammoniacal ne peuvent absorber que 4gr,786 d'acide chlorhydrique. Il restait donc 1gr,594 d'acide en excès pour saturer les carbonates alcalins contenus dans le fumier.

Dans ces conditions, voici les résultats qui ont été obtenus, comparés à ceux de l'essai n° 1 de la même série qui n'avait reçu aucune addition.

Effets de l'acide chlorhydrique.

3e SÉRIE.		SUR 100 de chaque matière introduite.		
		No 1. Sans addition.	No 2. Avec acide chlor-hydrique.	No 3. Avec acide chlor-hydrique et phosphate.
—		—	—	—
Matière sèche.	Perte	50.82	25.02	20.47
Cellulose.	—	80.76	48.05	47.87
Azote ammoniacal. . . .	—	80.36	24.26	18.20
— nitrique	—	56.13	6.04	37.73
— organique.	—	33.66	64.28	60.31
— total.	—	53.40	43.79	42.29
Acides noirs produits pour 100 de matière sèche	introduite.	5.28	3.26	9.143
	retirée. .	10.75	4.36	11.459

L'influence de l'acide chlorhydrique, employé en excès, paraît avoir fortement diminué l'intensité de la fermentation, puisqu'il a atténué dans une forte proportion la perte de matière sèche et de cellulose et diminué la quantité d'acides noirs produits. L'azote ammoniacal a été fixé, mais moins complètement que par l'acide sulfurique. La perte d'azote organique a été augmentée et, en somme, la perte d'azote total a été peu atténuée.

L'addition du phosphate fossile a peu modifié les effets de l'acide chlorhydrique, et son influence s'est montrée favorable à la conservation de l'azote ammoniacal et organique et à la formation des acides noirs, mais défavorable à la conservation de l'azote nitrique, ce qui n'a pas grande importance, l'ázote nitrique étant toujours en très faible proportion dans les fumiers frais.

Cette expérience, bien qu'elle conclue au rejet de l'acide chlorhydrique, beaucoup moins efficace que l'acide sulfurique pour retenir l'azote des fumiers, montre, cependant, que si l'on emploie un acide, il peut y avoir avantage à le faire agir préalablement sur la quantité utile de phosphate qui se trouve ainsi transformé en superphosphate presque sans frais, puisque cette utilisation préalable n'atténue pas sensiblement le pouvoir fixateur ou conservateur de l'acide employé.

XI. — Conclusions.

En fin de compte, nous arrivons à cette conclusion que, de toutes les substances que nous avons ajoutées aux fumiers, dans le but d'en assurer la conservation, les seules qui aient été efficaces sont les substances acides et que la seule qui ait donné un résultat quelque peu avantageux est l'acide sulfurique.

Mais l'emploi de cet acide ne laisse pas de présenter de nombreuses difficultés. Son transport est coûteux et difficile, son maniement par des mains inexpérimentées peut amener de graves accidents. Il est donc peu probable que son usage se répande beaucoup dans les fermes, alors même que l'on trouverait un procédé économique de solidification permettant de l'expédier sans danger en poudre et en barils de bois. Des essais en ce sens ont été faits en Allemagne au moyen d'une matière siliceuse naturelle qui absorbe et solidifie une très forte proportion d'acide sulfurique, sans le saturer.

La tourbe, qui existe en France sur un grand nombre de points, à la condition d'être bien desséchée et réduite en poudre fine, peut donner des résultats analogues. Enfin, on peut substituer à l'acide sulfurique le bisulfate de soude ou un superphosphate à excès d'acide sulfurique suffisamment plâtré pour être à peu près sec. Mais aucun de ces moyens ne peut permettre de faire arriver à la ferme de l'acide sulfurique libre à un prix inférieur à celui de 5 fr. que nous avons adopté ci-dessus pour l'acide à 53°.

Concluons donc que, dans l'état actuel de la science et de l'industrie, nous ne connaissons encore aucun moyen pratique d'empêcher les déperditions d'azote combiné qui se produisent pendant la conservation des fumiers. Les seuls conseils utiles que l'on puisse donner aux cultivateurs sont :

1° De tenir le fumier aussi humide que possible ;

2° D'éviter son échauffement, en l'arrosant fréquemment et en le tenant couvert ;

3° De le stratifier avec de la terre, à la condition que celle-ci ne soit pas calcaire. La terre tourbeuse est celle qui convient le mieux à cet usage.

XII. — Influence de la fermentation des fumiers sur l'assimilabilité des phosphates fossiles.

Nous avons rappelé ci-dessus (page 229) l'observation du baron Paul Thénard qui a été le point de départ de l'emploi des phosphates fossiles dans les fumiers. En 1884, Millot voulut vérifier à nouveau cette observation et introduisit un mélange de fumier frais avec du phosphate fossile dans un grand bocal, fermé par un bouchon pouvant laisser échapper les gaz et qui fut placé, avec un bocal semblable, contenant du fumier sans phosphate, dans le tas de fumier de la ferme de Grignon, afin que le contenu de ces deux bocaux fût soumis aux mêmes températures et à la même fermentation que toute la masse du tas de fumier.

Lorsque les bocaux furent retirés, leur contenu fut soumis à l'analyse et la conclusion de ce travail fut absolument en opposition avec celle du baron Paul Thénard. Le fumier en fermentation n'avait exercé aucune action sur le phosphate fossile. Mais on pouvait se demander si les deux masses de fumier enfermées dans les bocaux étaient bien identiques et on retrouvait ici, bien qu'atténuées, toutes les difficultés d'échantillonnage que nous avons précédemment signalées, difficultés qui ont toujours laissé des doutes sur les conclusions de tous les travaux d'analyse qui, jusqu'ici, ont été faits sur le fumier de ferme.

La méthode que nous avons adoptée pour ces études permettait de trancher définitivement la question, aussi avons-nous, dans notre troisième série, en 1886, disposé quelques expériences dans ce but.

Nous rappelons ici la composition des mélanges, bien qu'elle ait été déjà indiquée page 200.

Paille hachée et desséchée	75 gr.
Crottin de cheval desséché	100 —
Urine humaine putréfiée	200 —
Eau distillée	400 —

A ce mélange on a ajouté :

Au n° 4, 20 centimètres cubes d'acide chlorhydrique et 10 gr. de phosphate du Cher.

Au n° 6, 10 gr. de phosphate du Cher.

Au n° 7, 10 gr. de phosphate du Lot.

Au n° 8 on a supprimé l'urine et on a ajouté 10 gr. de phosphate du Cher.

Le phosphate du Cher employé contenait 14.50 p. 100 d'acide phosphorique et 25 p. 100 de chaux, dont 17.11 à l'état de phosphate tricalcique et 7.89 à l'état de carbonate de chaux ; il était peu ferrugineux.

Le phosphate du Lot contenait 25.41 p. 100 d'acide phosphorique et 32.40 de chaux, dont 29.98 à l'état de phosphate tricalcique et 2.42 à l'état de carbonate. Il était riche en oxyde de fer.

Les appareils contenant ces fumiers ont été maintenus à l'étuve entre 40° et 50°, du 28 septembre au 10 décembre 1885. Ils ont été alors sortis de l'étuve et laissés à la température du laboratoire jusqu'au 15 avril 1896.

On a opéré la dessiccation du contenu de chaque appareil (purin et fumier) sans addition d'acide oxalique qui aurait pu modifier l'état des phosphates.

L'analyse des produits obtenus a donné les résultats suivants :

	ACIDE PHOSPHORIQUE			
		soluble		
	total.	dans l'eau.	dans le citrate.	dans l'acide acétique.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Dans le mélange initial, non fermenté. .	1,618	0,526	0,658	0,920
Au n° 4, avec phosphate du Cher, et HCl.	3,068	0,937	1,459	1,979
Au n° 6, avec phosphate du Cher . . .	3,068	0,078	0,117	0,632
Au n° 7, avec phosphate du Lot. . . .	4,159	0,119	0,159	2,000
Au n° 8, avec phosphate du Cher, sans urine.	2,848	0,140	0,140	1,123

Il résulte de ces chiffres que, loin d'avoir opéré une action dissolvante sur les phosphates fossiles, le fumier a perdu, sous leur influence, une partie importante des solubilités de ses propres phosphates.

Au n° 4, la quantité d'acide chlorhydrique ajoutée était plus que suffisante pour solubiliser tout l'acide phosphorique du phosphate du Cher. On n'en trouve cependant à l'état soluble dans l'eau qu'une faible proportion ($0^{gr},937 - 0^{gr},526 = 0^{gr},411$ sur $1^{gr},45$, soit 28.23 p. 100). L'acide chlorhydrique a donc été employé en grande partie par d'autres réactions.

Pour le citrate d'ammoniaque, le phosphate du Cher n'a été rendu soluble que dans la proportion de 55.24 p. 100 et de 73 p. 100 pour l'acide acétique. Or, la solubilité du phosphate du Cher dans l'acide acétique est d'au moins 80 p. 100. Elle a donc été plutôt diminuée qu'augmentée par l'action du fumier additionné d'acide chlorhydrique. Le seul effet utile de cet acide, au point de vue des phosphates, a été de rendre le phosphate du Cher à moitié soluble dans le citrate.

Si le fumier s'oppose à l'action de l'acide chlorhydrique sur les phosphates fossiles, à plus forte raison il devait être sans effet utile, lorsqu'il n'était pas additionné d'acide. C'est ce qui ressort nettement des chiffres obtenus pour les n°s 6, 7 et 8. Au n° 8, cependant, on n'avait pas introduit d'urine putréfiée, afin de supprimer l'alcalinité résultant du carbonate d'ammoniaque apporté par ce composant du fumier. La solubilité naturelle des phosphates du fumier n'en a pas moins été diminuée par l'action du phosphate du Cher. Si l'on était tenté d'attribuer cet effet au carbonate de chaux que contenait ce phosphate, cette hypothèse serait encore réfutée par les résultats obtenus au n° 7, le phosphate du Lot employé étant l'un des moins calcaires de tous les phosphates fossiles connus.

Mais de bons esprits ont pensé que l'action du fumier sur les phosphates avait pour résultat de les rendre assimilables en les combinant à la matière noire qui se forme, ainsi que nous l'avons précédemment constaté, pendant la fermentation des fumiers. Nous ne saurions partager cette opinion : 1° parce qu'aucune démonstration péremptoire n'en a jamais été donnée ; 2° parce que les plantes n'absorbent pas la matière noire ainsi que le prouvent nos expériences de végétation avec la glucylamine et l'acide fumique. Cependant on pourrait penser que la matière noire, qui est acide, attaque les phosphates, s'empare d'une certaine quantité de phosphate de

chaux qu'elle laisserait ensuite à un état très assimilable, lorsqu'elle est détruite, par voie de nitrification, ou qu'elle se laisserait enlever, par dialyse, lorsqu'elle est dissoute à la faveur du bicarbonate d'ammoniaque existant toujours, en faible quantité, dans l'eau qui imprègne les terres cultivées. Nous avons voulu vérifier cette hypothèse, nos fumiers artificiels nous en fournissant aisément les moyens.

Pour cela, ces fumiers ont été traités par l'ammoniaque jusqu'à épuisement, la liqueur ammoniacale a été évaporée à sec et, dans la matière noire ainsi obtenue, on a fait le dosage de l'acide phosphorique, de la chaux et de l'oxyde de fer. Les résultats rapportés à la masse entière du fumier, pour chaque expérience, ont été les suivants :

3e SÉRIE.	ACIDE phosphorique total.	DANS LA MATIÈRE NOIRE.		
		Acide phosphorique.	Chaux.	Oxyde de fer.
—	—	—	—	—
	gr.	gr.	gr.	gr.
Au n° 1, mélange fermenté sans addition.	1,618	0,102	0,085	0,144
Au n° 4, avec phosphate du Cher et HCl.	3,068	0,055	0,149	0,107
Au n° 6, avec phosphate du Cher . . .	3,068	0,171	0,068	0,119
Au n° 7, avec phosphate du Lot. . . .	4,159	0,153	0,144	0,082
Au n° 8, avec phosphate du Cher, sans urine.	2,848	0,101	0,136	0,097

Il est évident qu'au n° 4, en présence de l'acide chlorhydrique, le phosphate du Cher n'a rien cédé à la matière noire, puisqu'elle contient moitié moins d'acide phosphorique que celle du mélange qui n'a pas reçu d'addition de phosphate.

Au n° 6 nous trouvons dans la matière noire 0gr,171 d'acide phosphorique ; si nous en retranchons les 0gr,102 qu'a donnés le mélange sans phosphate, il reste 0gr,069 fournis par le phosphate pour 1gr,45 qu'il a apportés, soit 4.76 p. 100.

Au n° 7, sur le phosphate du Cher, l'action de la matière noire a été encore plus faible, car elle n'a pris que 2.007 p. 100 de l'acide phosphorique contenu dans le phosphate. Enfin au n° 8, sans urine, le phosphate n'a cédé à la matière noire que 0.741 p. 100 de son acide phosphorique.

Ces quantités sont vraiment trop faibles pour qu'il soit permis de compter sur la matière noire (humus) qui se forme dans les fumiers pour augmenter l'assimilabilité des phosphates fossiles. En voyant les quantités de chaux et d'oxyde de fer qui ont accompagné l'acide phosphorique dans les matières noires, on peut même se demander si les faibles quantités de cet acide qui ont été dissoutes en même temps que la matière noire ne sont pas simplement dues à l'action dissolvante de l'ammoniaque sur le phosphate de fer et à l'action du carbonate d'ammoniaque sur le phosphate de chaux, sans que les matières noires soient pour rien dans les effets observés.

Concluons donc que l'introduction des phosphates dans les fumiers est une pratique vicieuse, puisque leur assimilabilité n'en est pas sensiblement augmentée et qu'ils ont, au contraire, l'inconvénient d'augmenter les pertes d'azote à cause du carbonate de chaux qu'ils contiennent toujours en proportion plus ou moins forte. Quand ces phosphates sont efficaces sur le sol que l'on cultive, il vaut mieux les y répandre directement, ce qui en assure une meilleure répartition.

Cette conclusion s'applique, à plus forte raison, aux scories de déphosphoration qui contiennent de la chaux caustique, dont l'action, sur le fumier, serait encore plus fâcheuse, au point de vue des déperditions d'azote.

RECHERCHES

SUR LA

POMME DE TERRE ALIMENTAIRE

PAR

Henri COUDON

CHEF ADJOINT DES TRAVAUX CHIMIQUES
A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Léon BUSSARD

CHEF DES TRAVAUX
DE LA STATION D'ESSAIS DE SEMENCES
DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
PROFESSEUR
A L'ÉCOLE NATIONALE D'HORTICULTURE

INTRODUCTION

En raison de son importance économique, la pomme de terre est l'un des végétaux dont l'étude a le plus souvent tenté les agronomes et les praticiens. Parmi les travaux dont elle a fait l'objet, trop nombreux pour que l'énumération complète en soit possible, nous nous bornerons à rappeler ceux anciens déjà de *Payen* sur la composition chimique de la pomme de terre, de *Schacht, Sorauer, Franz,* de *Vries* sur sa constitution anatomique et morphologique et sur son mode de végétation, d'*Hellriegel* sur le choix des tubercules de semence d'après leur poids spécifique, de *Werner* et *Kreusler* sur la composition chimique du tubercule suivant son degré de maturité, de *Drechsler, Wollny, Maercker* et *Stœckhardt* sur cette même composition pour les tubercules de différentes grosseurs. Plus récentes sont les recherches de *Petermann* sur la richesse en fécule de nombreuses variétés, de *Prunet,* sur la composition des diverses régions de tubercules pris à différents stades de leur évolution, de *Douillet* sur la sélection de la pomme de terre industrielle, de *Pagnoul* sur la composition saline de la pomme de

terre, de *Dœrstling* sur la répartition de la fécule dans le tubercule, enfin celles, si remarquables, que M. *Aimé Girard* poursuit depuis plusieurs années sur l'amélioration de la culture de la pomme de terre industrielle et fourragère en France.

L'énoncé de ces travaux montre que leurs auteurs ont envisagé la pomme de terre aux seuls points de vue de son utilisation industrielle et de l'emploi qu'on en peut faire pour l'engraissement du bétail. Aucun n'a tenté l'étude spéciale des variétés potagères, destinées à l'alimentation humaine. Une telle étude présente cependant un intérêt pratique incontestable. Les meilleures de ces variétés, par suite de la recherche dont elles sont l'objet, atteignent, en effet, des prix assez élevés pour que, là où elle se poursuit dans des conditions satisfaisantes, leur production permette au cultivateur de réaliser des bénéfices supérieurs à ceux que lui procure la culture des pommes de terre industrielles et fourragères, malgré l'abondance relative des récoltes fournies par ces dernières.

Améliorer la qualité de la pomme de terre alimentaire, en élever les rendements, tel est le double but à poursuivre. C'est, quant à présent, à la solution du premier seul de ces problèmes que nous nous sommes attachés, en nous efforçant de découvrir une méthode pratique de sélection des tubercules de semence reposant sur des bases scientifiques précises.

Mais, pour y parvenir, il fallait, au préalable, établir quels sont les caractères propres des variétés comestibles, ceux qui les distinguent des variétés industrielles ou fourragères et fixent le choix des consommateurs. C'est dans ce but que nous avons entrepris l'étude de leur composition chimique, laissant de côté les caractères secondaires de forme, de couleur, etc., qui sont parfois affaire de mode et que, dans tous les cas, le praticien peut apprécier comme il convient sans y être aidé par des recherches de laboratoire.

Dès nos premières observations, nous avons été conduits à déterminer séparément la composition des différentes parties du tubercule. Ce que nous savions déjà de cette question nous montrait en effet que les travaux antérieurs ne l'avaient pas épuisée, qu'ils laissaient dans l'obscurité des points fort importants, tels que la répartition des matières azotées dans les différentes zones du tubercule, et

que, sur d'autres points, notamment la teneur en fécule des couches concentriques, ils étaient imprécis, sinon contradictoires. Il en résultait, en particulier, une certaine incertitude dans le choix des méthodes d'échantillonnage pour l'analyse, généralement défectueuses.

C'est à l'étude de cette composition que nous avons consacré la première partie de ce travail.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE DU TUBERCULE

I. — Échantillonnage.

Au début de ces recherches nous pensions, en opérant de la façon suivante, préparer un échantillon représentant bien la composition moyenne de chaque variété.

Un lot moyen d'environ 2 kilogr. de tubercules était rapidement découpé en menus morceaux et, sur le produit ainsi obtenu intimement mélangé, nous prélevions 500 gr. qui, séchés à 100°, puis broyés, formaient l'échantillon destiné à l'analyse.

Ayant trouvé des différences sensibles dans les résultats fournis par l'analyse d'échantillons ainsi constitués pris en double sur les mêmes variétés, nous avons dû, avant de modifier ce mode opératoire, rechercher en quoi il était défectueux et quelle était la cause de ces différences.

Nous nous sommes d'abord demandé si la composition moyenne de l'échantillon pouvait être sensiblement affectée par la grosseur des tubercules choisis. Différents travaux publiés en Allemagne nous fournissent des renseignements à ce sujet : ainsi Kreusler et Werner[1] constatent que la proportion de matière sèche diffère peu, dans la même variété, suivant la grosseur du tubercule. Ils n'ont trouvé d'écart sensible qu'entre les très gros et les très petits tuber-

1. H. WERNER, *Der Kartoffelbau*. Berlin, 1876.

cules. Drechsler et Wollny[1] montrent, par un grand nombre de dosages, qu'il en est de même pour la teneur en fécule, qui varie dans de faibles limites entre les gros tubercules et les tubercules moyens. D'autre part, Mærcker et Stœckhardt[2] ont obtenu des résultats analogues.

De notre côté, nous avons étudié plus complètement la composition des tubercules de différentes grosseurs en opérant sur une variété alimentaire : la Lesquin.

Nous avons soumis à l'analyse 3 lots formés chacun de 10 tubercules *entiers* de la même variété :

Le premier représentant les gros[3] tubercules, de 91 gr. à 175 gr. (poids moyen d'un tubercule, 120 gr.);

Le deuxième représentant les tubercules moyens[3], de 65 gr. à 86 gr. (poids moyen d'un tubercule, 76 gr.);

Le troisième représentant les petits[3] tubercules, de 28 gr. à 63 gr. (poids moyen d'un tubercule, 51 gr.).

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

	POUR 100 DE TUBERCULES					
	GROS.		MOYENS.		PETITS.	
Fécule	20.182		20.465		18.792	
Matières azotées — albuminoïdes	1.485	2.032	1.560	1.983	1.651	2.071
Matières azotées — non albuminoïdes	0.547		0.423		0.420	
Matières grasses	0.073		0.081		0.084	
Cellulose brute	0.499		0.540		0.511	
Matières minérales	1.294		1.310		1.203	
Eau	74.030		73.820		74.970	

On voit par ces chiffres que la composition diffère peu entre les gros tubercules et les tubercules moyens. Les petits tubercules pouvant être considérés comme n'ayant pas encore atteint leur dévelop-

1. Wollny, *Landwirthschaftliche Mittheilungen aus Bayern*. Munich, 1876.

2. M. Mærcker, *Die Spiritusfabrikation*. Berlin, 1883.

3. Ces expressions de tubercules gros, moyens et petits sont tout à fait relatives : ainsi les poids moyens ci-dessus, très faibles pour une variété industrielle, sont normaux pour une variété potagère.

pement normal, il n'est pas surprenant qu'ils soient plus aqueux, plus riches en matières albuminoïdes, mais, par contre, plus pauvres en fécule que ceux qui sont arrivés à complète maturité.

En résumé, si l'on considère que, dans la prise d'un échantillon destiné à représenter la moyenne d'une variété, on doit mettre de côté les tubercules dont le développement est manifestement incomplet (petits tubercules), on voit que la grosseur des tubercules choisis ne peut influencer d'une façon appréciable la composition moyenne du lot analysé.

Nous étions donc autorisés à penser que les divergences de résultats trouvés dans l'analyse d'échantillons pris en double sur la même variété provenaient de ce que, les diverses régions du tubercule n'ayant pas la même composition, nos échantillons ne représentaient pas des tubercules entiers. La relation qui existe normalement entre les différentes parties du tubercule n'était pas nécessairement respectée dans ce mode d'échantillonnage, l'une ou l'autre de ces parties pouvant y prédominer.

Il existe, en effet, entre les zones concentriques d'un même tubercule des différences de composition telles que les échantillons préparés soit comme nous pensions pouvoir le faire au début de ces recherches, soit comme l'indiquent plusieurs auteurs, en prélevant des fuseaux sur différents tubercules, etc., ne sauraient être considérés comme des échantillons moyens. Il est *absolument indispensable,* pour obtenir des résultats toujours comparables, d'effectuer l'analyse sur un échantillon formé par un certain nombre de tubercules *entiers,* soit qu'on les passe à la râpe de M. Aimé Girard pour opérer sur la pulpe, soit qu'on les dessèche après découpage en vue d'une analyse ultérieure.

Nous inspirant de ce principe, nous avons adopté le mode d'échantillonnage suivant qui a été appliqué à toutes nos recherches sur la pomme de terre.

Un échantillon moyen de tubercules entiers d'un poids total d'environ 1 kilogr. était entièrement découpé en tranches minces. Les cossettes ainsi obtenues étaient rapidement pesées, puis étalées en grande surface dans une étuve à 100° à circulation d'air. Dans ces conditions, la dessiccation était très rapide et s'opérait sans aucune

altération. Le poids déterminé après dessiccation complète donnait la teneur en eau.

C'est sur la matière sèche ainsi obtenue qu'on procédait à l'analyse, après l'avoir au préalable transformée en une poudre fine et homogène par passages successifs dans divers moulins, Anduze, etc.

II. — Composition des différentes parties du tubercule.

En raison des faits que nous venons d'indiquer, et aussi dans l'espoir de découvrir une méthode rapide de sélection de la pomme de terre, il nous a paru intéressant de commencer nos recherches par l'étude de la composition du tubercule dans ses différentes parties.

On sait que, botaniquement, le tubercule de la pomme de terre est un rameau renflé dont la moelle constitue la masse principale et dans lequel la fécule est inégalement répartie. Un simple examen microscopique montre en effet que ce principe, très abondant dans certaines assises de cellules, est rare dans d'autres.

Lorsqu'on examine par transparence une tranche de pomme de terre de 1 à 2 millimètres d'épaisseur (*fig. 1, 2, 3*), l'œil y distingue immédiatement des zones d'aspects très différents. La plus extérieure est formée par l'épiderme, la couche subéreuse sous-jacente et le phelloderme; nous la désignerons sous le nom d'*enveloppe*.

Vient ensuite une zone d'épaisseur variable, à tissu dense, opaque, nettement séparée des parties plus centrales par une ligne de trachées bien visible quoique très étroite; c'est la *couche corticale* du tubercule dont les trachées représentent le *bois*.

Le centre de la tranche est occupé par une zone translucide, irrégulière et mal délimitée qui, par places, empiète sur les couches voisines, se prolonge parfois jusqu'à la périphérie, notamment au niveau des yeux. Nous l'avons dénommée *couche médullaire interne*.

Entre cette couche et la couche corticale se trouve une zone d'opacité moyenne qui, botaniquement, appartient encore à la moelle, mais qu'en raison de son apparence et de sa composition, nous avons séparée de la partie centrale; dans la suite de ce travail, nous la désignons sous le nom de *couche médullaire externe*.

Tranches de pommes de terre (Belle de Fontenay) vues par transparence.

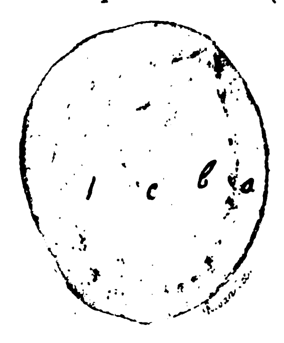




FIG. 1. COUPES TRANSVERSALES. FIG. 2.

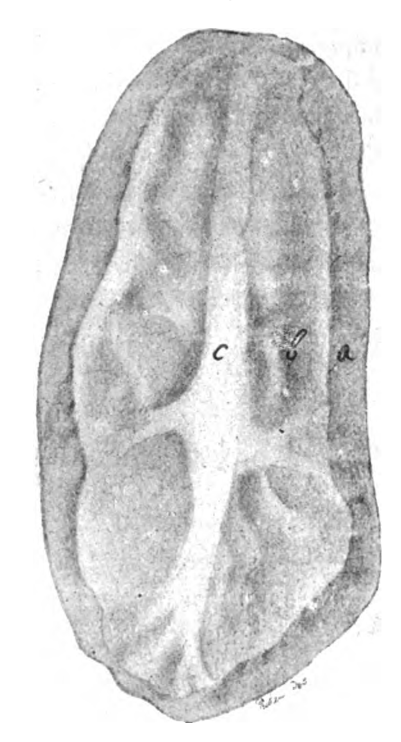


FIG. 3. — COUPE LONGITUDINALE.

a, Couche corticale ; — *b*, Couche médullaire externe ; — *c*, Couche médullaire interne.

Pour intercaler la figure ci-contre dans la présente publication, nous avons dû pratiquer dans le dessin original des coupures qui ont réduit au tiers l'épaisseur réelle du parenchyme cortical interne et celle du parenchyme médullaire. Il faut tenir compte de cette réduction pour établir l'importance respective des diverses régions anatomiques, notre dessin tel qu'il est présenté n'en permettant pas la comparaison sous ce rapport.

Périderme . . . .

Parenchyme cortical externe.

Parenchyme cortical interne.

Faisceaux vasculaires. . . .

Ilot de cellules vasculaires .

Parenchyme médullaire. . .

Parenchyme médullaire. . .

L. Bussard

FIG. 4. — COUPE LONGITUDINALE D'UN TUBERCULE DE SAUCISSE ROUGE.

Grossissement $\frac{1}{136}$.

L'examen microscopique confirme cette première appréciation. Il nous montre (*fig. 4*) la zone périphérique formée d'un certain nombre d'assises de cellules dont les plus superficielles, aplaties, constituent le périderme. Les suivantes, à section rectangulaire ou trapéziforme, appartiennent au parenchyme cortical externe ; parmi celles-ci les unes renferment peu d'amidon, les autres n'en contiennent point. Les cellules sous-épidermiques sont plus ou moins colorées suivant les variétés. L'ensemble de ces différentes assises de cellules et des assises immédiatement voisines, détaché lors de l'épluchage, forme la partie du tubercule inutilisée pour les préparations culinaires. L'épaisseur de cette zone est très faible par rapport au diamètre du tubercule.

Le parenchyme cortical interne est constitué par un réseau de grandes cellules, à section irrégulièrement pentagonale ou hexagonale, gorgées de grains d'amidon ; on rencontre, disséminés dans sa masse, de rares îlots de cellules vasculaires privées de fécule qui, sur une coupe grossière vue par transparence, apparaissent sous forme de taches translucides. Ces îlots, nous les retrouvons, plus nombreux et plus étendus, dans le parenchyme médullaire.

La zone vasculaire placée entre l'écorce et la moelle comprend des trachées aisément reconnaissables à leur fil roulé en spirale. Dans les cellules des assises extérieures du cambium qui les entoure se trouvent des grains de fécule en voie de formation.

La structure anatomique du parenchyme médullaire est la même que celle du parenchyme cortical, mais avec un tissu plus lâche ; le nombre des grains d'amidon que renferment ses cellules va décroissant vers le centre du tubercule ; dans la couche médullaire interne, plusieurs s'en trouvent complètement dépourvus.

En définitive, le parenchyme cortical interne d'abord, puis la partie externe du parenchyme médullaire apparaissent comme les deux zones du tubercule les plus riches en fécule.

L'étude de la composition chimique de ces différentes parties a déjà fait l'objet d'un certain nombre de travaux que nous allons résumer rapidement.

Payen, dans son ouvrage de chimie industrielle, fait la remarque

suivante : « Si l'on ne coupait qu'une partie des pommes de terre, il faudrait avoir le soin de prendre proportionnellement à la masse de chaque tubercule les parties centrales ou médullaires et les zones corticales, car celles-ci renferment 3 ou 4 p. 100 de fécule de plus que les premières. »

Dans une étude sur la *Sélection de la pomme de terre industrielle;* présentée en 1892 au congrès de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, M. Douillet signale l'inégale répartition de la fécule dans les diverses parties du tubercule. Il déclare que l'analyse chimique est confirmée sur ce point par l'examen microscopique qui montre les grains d'amidon beaucoup plus abondants à la périphérie qu'au centre du tubercule. Ces grains semblent, dit-il, se former au voisinage de la zone vasculaire enveloppant la moelle.

Il ajoute encore que la différence entre la teneur en fécule de l'une et de l'autre extrémité du tubercule n'est pas toujours de même sens, la partie voisine du point d'attache se trouvant plus riche à l'époque de l'arrachage, plus pauvre au contraire lors de la pousse des germes, par suite du transport des substances nourricières à l'extrémité opposée.

Il conclut de ces observations que si, pour la sélection par l'analyse chimique des tubercules, on emploie le sondage — que, d'ailleurs, il recommande — le coup de sonde doit être donné vers le milieu du grand axe et perpendiculairement à celui-ci. En procédant ainsi, « on sera toujours bien près, fait il remarquer, d'avoir la richesse du tubercule. Au contraire, si l'on fait le sondage dans le sens parallèle à l'axe, on s'expose à de sérieuses erreurs, puisque l'échantillon que l'on prend dans ces conditions est presque entièrement emprunté à la zone riche ou à la zone pauvre. »

Dans le cas de tubercules de forme régulière, ces prescriptions peuvent être d'une application facile ; elles ne le sont plus lorsqu'il s'agit de tubercules tourmentés, irrégulièrement bossués, présentant des yeux nombreux. D'autre part, l'observation relative à la différence de composition des deux extrémités du tubercule, observation faite par M. Douillet lui-même, s'accorde mal avec sa conclusion. Elle légitimerait, au contraire, le coup de sonde donné longitudinalement en traversant le tubercule suivant son grand axe.

Mais il faudrait alors que le cylindre prélevé représentât chacune des deux moitiés du tubercule, proportionnellement à sa masse, pour que sa composition pût indiquer réellement celle du tubercule lui-même ; cela ne se réalisera qu'exceptionnellement.

Plus récemment, Dœrstling[1] a cherché à se rendre compte de la répartition de la fécule à l'intérieur du tubercule. Il a procédé de la façon suivante : à l'aide d'une sonde il prélevait, suivant l'un des axes d'un tubercule, un cylindre qui était divisé en disques de 2 millimètres d'épaisseur. Il déterminait alors le poids spécifique de chacun de ces disques. Ces déterminations l'ont conduit à conclure que les parties à poids spécifique le plus élevé, les plus riches en

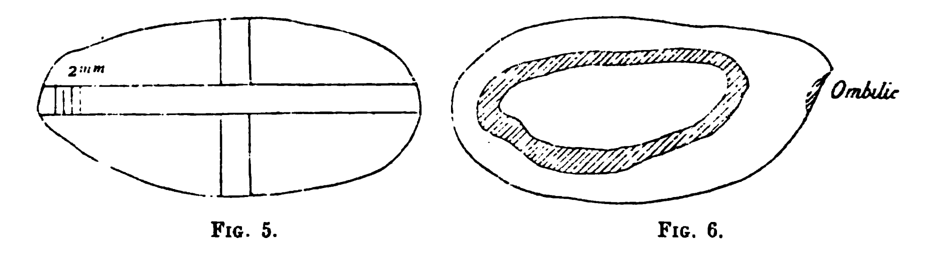


FIG. 5. FIG. 6.

fécule par conséquent, se trouvent toutes comprises dans une zone plus voisine de la périphérie que du centre et un peu plus éloignée de l'ombilic que du bourgeon terminal. Les figures 5 et 6, relatives la première au mode opératoire employé, la seconde à la position de la zone la plus dense, répondent aux indications de l'auteur.

Sans insister sur ces conclusions, nous ferons ici la même remarque que pour le travail de M. Douillet : il est bien difficile de diriger exactement la sonde suivant le grand ou le petit axe d'un tubercule et le moindre écart peut modifier sensiblement la composition de la partie prélevée.

Une étude plus complète des différentes parties du tubercule nous paraissait de nature à éclaircir la question. Nous l'avons tentée et nous en exposons ici les résultats.

La division du tubercule a été faite de la façon suivante :

Un lot de plusieurs tubercules entiers était découpé en tranches

1. *Deutsche Landwirtschaftliche Presse*, 10 avril 1895.

minces et sur ces tranches on séparait à l'aide d'un scalpel les différentes couches que nous avons distinguées plus haut. On avait ainsi quatre lots qui, pesés séparément, étaient mis à sécher, puis analysés ultérieurement.

La séparation de l'enveloppe présentait peu de difficultés; toutefois un peu du tissu sous-jacent y restait toujours adhérent, ce qui explique sa teneur relativement élevée en fécule.

La couche corticale se détachait très facilement des parties centrales, grâce à la ligne de trachées que nous avons signalée plus haut.

Quant à la séparation de la couche médullaire externe d'avec la partie médullaire interne, elle était forcément assez indécise, étant donné qu'il n'existe pas de démarcation nette entre ces deux parties qui se fondent insensiblement l'une dans l'autre.

Voici la proportion de chacune de ces couches que nous avons obtenue sur plusieurs variétés :

	POUR 100 DE TUBERCULES FRAIS.				
	BLEUE GÉANTE.	OZARINE.	SAUCISSE.	LESQUIN.	MERVEILLE d'Amérique.
Enveloppe[1]	9.57	8.02	57.74 (enveloppe et couche corticale)	51.07 (enveloppe et couche corticale)	55.50 (enveloppe et couche corticale)
Couche corticale	34.66	37.72			
Couche médullaire externe	37.15	38.11	27.77	40.43	27.42
Couche médullaire interne	18.62	16.15	14.49	8.50	17.08

1. En raison du peu d'importance de l'enveloppe et de l'impossibilité où l'on est de la détacher sans enlever un peu de la couche corticale, nous ne l'avons séparée de cette dernière que pour deux variétés, une longue, la Bleue géante, et une ronde, la Ozarine.

Ces chiffres nous montrent que la proportion de chacune de ces couches diffère suivant la variété. Voyons maintenant comment la fécule s'y trouve répartie et si l'analyse chimique donne des résultats conformes à l'examen microscopique, lequel nous a montré que dans les couches corticale et médullaire externe les cellules sont beaucoup mieux fournies de fécule que celles de l'enveloppe et de la couche médullaire interne.

Nous avons dosé la fécule de la façon suivante : 1 gr. de matière sèche finement pulvérisée (préparée comme il est indiqué plus haut) était délayé dans un grand volume d'eau distillée (60 centimètres cubes environ) puis chauffé à 100° au bain-marie pendant une heure. L'empois ainsi obtenu était additionné de 10 centimètres cubes d'une solution de diastase fraîchement préparée, puis maintenu pendant 48 heures à une température de 66° à 68°. Au bout de ce temps on s'assurait par un examen microscopique qu'il ne restait plus de fécule. La solution de dextrine et maltose était, après filtration, saccharifiée par l'acide sulfurique étendu, puis dosée au moyen de la liqueur de Fehling. Pour ce dosage, nous avons suivi le procédé de M. Aimé Girard : un volume déterminé de solution sucrée était mis à bouillir en présence d'un excès de liqueur de Fehling; l'oxyde de cuivre précipité était recueilli sur un filtre, lavé, incinéré, puis réduit par un courant d'hydrogène et finalement pesé à l'état de cuivre métallique [1].

Cette méthode est longue, mais comme c'est elle qui nous a semblé donner les meilleures garanties d'exactitude, nous l'avons adoptée d'une façon exclusive.

Voici, pour quelques variétés, la proportion de fécule trouvée p. 100 de chaque couche :

	FÉCULE POUR 100 DE CHAQUE COUCHE (à l'état frais).				
	BLEUE GÉANTE.	CZARINE.	SAUCISSE.	LESQUIN.	MERVEILLE d'Amérique.
Enveloppe	7.460	8.751	14.377 (Enveloppe et Couche corticale)	18.249 (Enveloppe et Couche corticale)	16.394 (Enveloppe et Couche corticale)
Couche corticale	21.136	22.452			
Couche médullaire externe	19.783	15.640	13.472	20.557	17.168
Couche médullaire interne	12.299	10.504	12.321	15.604	13.070

1. Tous nos essais ayant porté sur des tubercules arrivés à parfaite maturité et fraîchement récoltés, nous n'avons pas eu à nous préoccuper de la présence de sucres, qui, on le sait — et nous l'avons vérifié sur plusieurs de nos variétés — ne s'y rencontrent pas normalement dans ces conditions.

L'examen de ce tableau nous montre nettement que la fécule est très inégalement répartie dans le tubercule. De plus, nous voyons que, pour les deux premières variétés, la Bleue géante et la Czarine, ce principe se trouve pour ainsi dire condensé dans la couche corticale qui en contient beaucoup plus que les parties centrales. Il est à remarquer que, pour les autres variétés qui figurent dans ce tableau, l'enveloppe n'ayant pas été détachée de la couche corticale, sa présence abaisse beaucoup le taux de fécule de cette dernière et peut, dans certains cas (Lesquin), le faire paraître un peu inférieur à celui de la couche qui vient immédiatement après.

On peut donc dire que, d'une façon générale (abstraction faite de l'enveloppe), la fécule se trouve très abondante dans les couches externes, que c'est la couche corticale qui en est le mieux pourvue et que sa teneur décroît de la périphérie au centre.

Les figures 7 et 8 font ressortir nettement ces conclusions. Elles indiquent d'un côté la proportion de fécule renfermée dans chacune des différentes couches, la quantité totale de fécule du tubercule étant représentée par 100. De l'autre côté de la tranche nous avons fait figurer la proportion de chacune de ces couches pour 100 de tubercules frais.

Nous nous trouvons, pour la Czarine, en présence d'une particularité digne de remarque. La couche corticale de cette variété contient à elle seule plus de la moitié de la fécule totale du tubercule dont elle ne représente cependant que les 38 centièmes environ en poids. L'examen par transparence d'une tranche de tubercule de Czarine rend compte de ce fait. En effet, la figure 8, faite d'après une photographie, montre assez nettement que la couche corticale, à tissu très dense, est presque complètement opaque alors que les parties médullaires sont plus ou moins translucides.

L'inégale répartition de la fécule dans le tubercule peut être également démontrée par la simple détermination de la densité effectuée sur des fragments de tubercules prélevés dans les différentes couches concentriques. Pour offrir un degré suffisant de précision, cette détermination exige quelques précautions. Les fragments ne se trouvant plus, comme le tubercule entier, revêtus d'une enve-

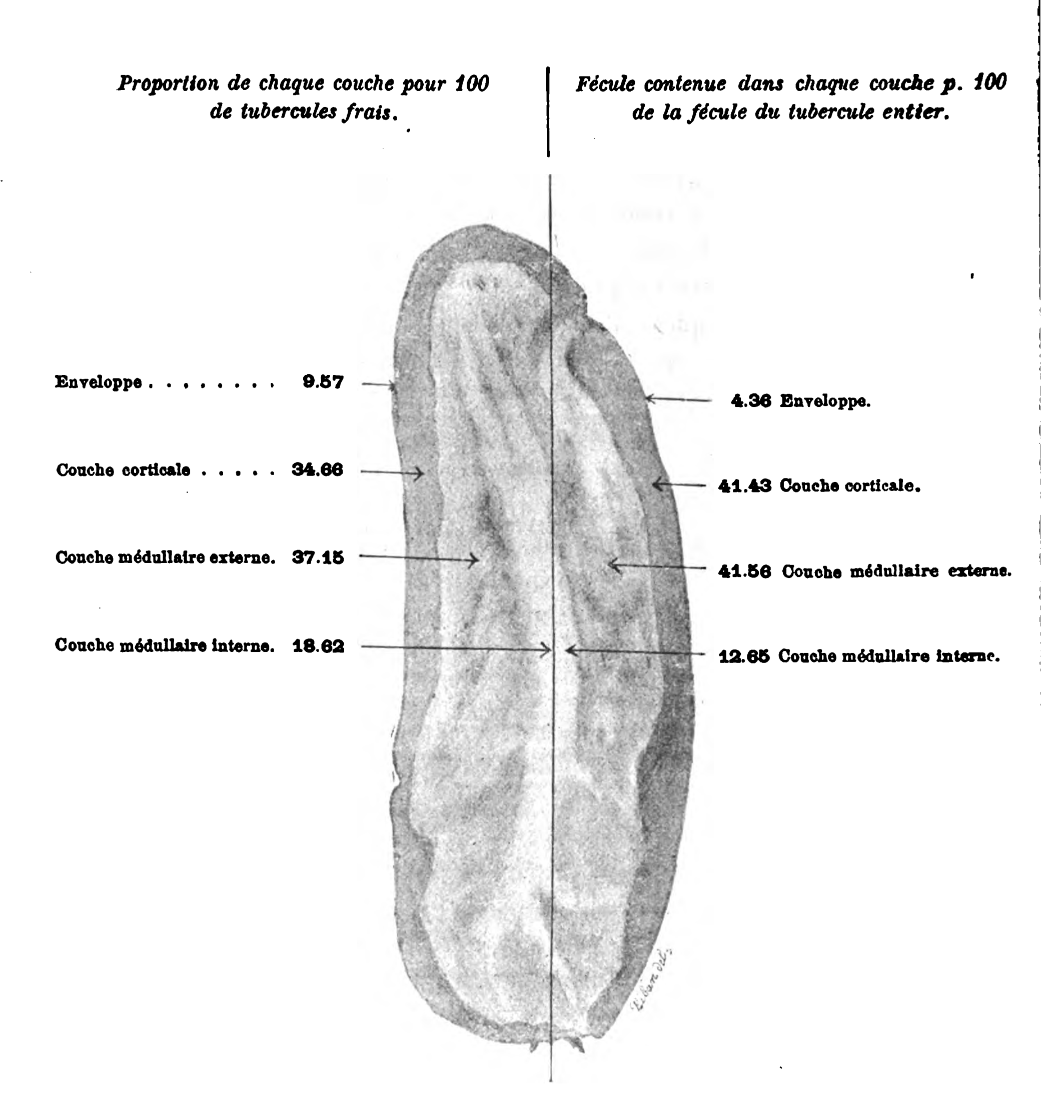


FIG. 7. — BLEUE GÉANTE ; RÉCOLTE DE 1894.

Proportion de chaque couche pour 100 de tubercules frais.

Enveloppe 8.02
Couche corticale 37.72
Couche médullaire externe. . 38.11
Couche médullaire interne. . 16.15

Fécule contenue dans chaque couche pour 100 de la fécule du tubercule entier.

4.19 Enveloppe.
50.66 Couche corticale.
35.64 Couche médullaire externe.
9.51 Couche médullaire interne.

Fig. 8. — Czarine ; récolte de 1894.

loppe protectrice, se dessèchent très vite; aussi faut-il avoir soin d'opérer rapidement. D'autre part, ils se prêtent trop aux échanges osmotiques pour que l'eau puisse être employée comme milieu propre à cette détermination. Enfin, en présence de fragments peu volumineux il est nécessaire d'exécuter des pesées précises.

Pour cette détermination nous avons eu recours à la balance hydrostatique, en nous servant d'huile d'olive pour y plonger des cossettes rapidement découpées dans chaque zone du tubercule. Les résultats obtenus par cette méthode sont consignés dans le tableau suivant où, en regard des densités trouvées, figurent les teneurs en fécule prises dans la table de correspondance de Reimann.

Ils se rapportent à sept variétés dont les trois premières sont particulièrement appréciées pour la table; les trois dernières appartiennent à la catégorie des pommes de terre industrielles et fourragères; quant à l'Early rose, elle est propre à la fois aux deux fins.

		COUCHE corticale.	COUCHE MÉDULLAIRE externe	COUCHE MÉDULLAIRE interne.
Belle de Fontenay.	Densité	1.084	1.080	1.063
	Teneur en fécule pour 100.	14.7	13.9	10.5
Lesquin . .	Densité	1.083	1.078	1.067
	Teneur en fécule pour 100.	14.5	13.5	11.3
Marjolin Tétard.	Densité	1.106	1.097	1.071
	Teneur en fécule pour 100.	19.4	17.5	12.1
Early rose .	Densité	1.119	1.100	1.082
	Teneur en fécule pour 100.	22.2	18.2	14.3
Merveille d'Amérique.	Densité	1.107	1.091	1.079
	Teneur en fécule pour 100.	19.7	16.2	13.7
Institut de Beauvais.	Densité	1.094	1.088	1.070
	Teneur en fécule pour 100.	16.9	15.6	11.9
Czarine . .	Densité	1.116	1.103	1.090
	Teneur en fécule pour 100.	21.5	18.8	16.2

Il ressort nettement de l'examen de ces chiffres que la densité et, par suite, la teneur en fécule, va décroissant de la couche corticale au centre du tubercule, quelle que soit d'ailleurs la variété considérée.

Enfin nous nous sommes demandé si ces différentes couches n'offriraient pas au passage des rayons X une résistance en rapport

avec leurs densités. La figure 9, faite d'après une photographie obtenue par le procédé Rœntgen, montre en effet que la zone médullaire interne, la plus pauvre en fécule et la moins dense, se laisse traverser très facilement. La couche corticale est celle qui offre le plus de résistance.

L'inégale répartition de la fécule, que nous venons de constater, par différents moyens, dans les variétés industrielles et fourragères ainsi que dans celles destinées à la table, prouve que le tubercule

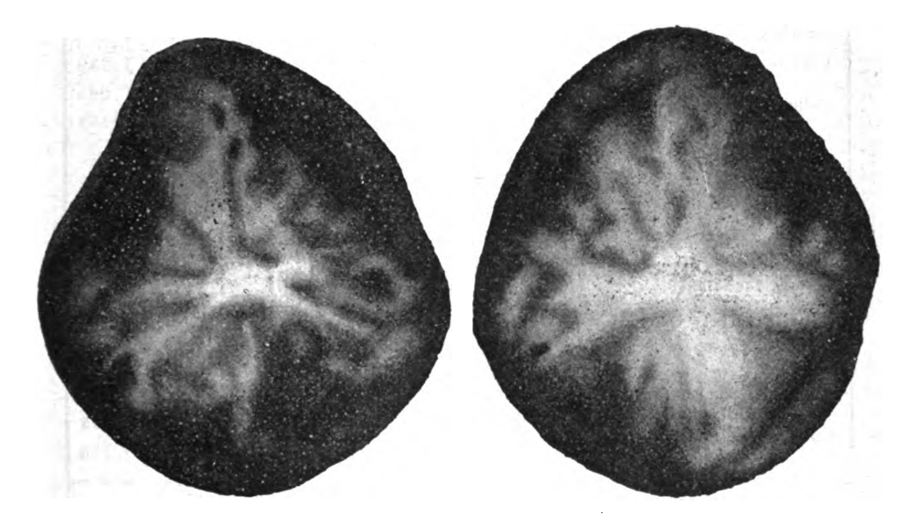


FIG. 9[1]. — TRANCHES MINCES DE POMMES DE TERRE PHOTOGRAPHIÉES PAR LE PROCÉDÉ RŒNTGEN.

de pomme de terre est loin d'être homogène. Il y avait donc lieu de rechercher si ces variations s'étendaient à un ou plusieurs autres des principes immédiats de la pomme de terre.

Les tableaux suivants donnent les résultats de l'analyse immédiate effectuée sur chacune des couches que nous avons appris à distin-

1. Nous avons obtenu cette épreuve en soumettant, dans une chambre noire, à l'action des rayons Rœntgen, une plaque sensible sur laquelle étaient placées deux tranches de pommes de terre de 3 millimètres d'épaisseur. Durée d'exposition 4 à 5 minutes.

guer précédemment. Les résultats sont rapportés à 100 parties de chaque couche considérées à l'état frais.

Composition centésimale des différentes zones concentriques du tubercule.

	EAU.	FÉCULE	MATIÈRES AZOTÉES	MATIÈRES GRASSES	CELLULOSE	MATIÈRES MINÉRALES.
Bleue géante.						
Enveloppe	82.840	7.460	2.274	0.178	1.664	1.956
Couche corticale	72.470	21.136	1.910	0.121	0.523	1.239
Couche médullaire externe	74.330	19.783	1.876	0.067	0.349	1.065
Couche médullaire interne	81.720	12.299	2.137	0.073	0.428	1.161
Czarine.						
Enveloppe	82.210	8.751	2.249	0.159	1.049	1.657
Couche corticale	72.920	22.452	1.844	0.092	0.341	1.015
Couche médullaire externe	78.870	15.640	2.166	0.072	0.380	0.866
Couche médullaire interne	84.480	10.504	2.173	0.053	0.332	0.954
Saucisse.						
Enveloppe et couche corticale	78.72	14.377	2.222	0.060	0.385	1.030
Couche médullaire externe	79.12	13.472	2.389	0.038	0.269	0.773
Couche médullaire interne	80.73	12.321	2.624	0.042	0.279	0.736
Lesquin.						
Enveloppe et couche corticale	74.33	18.249	1.812	0.097	0.637	1.386
Couche médullaire externe	72.66	20.557	2.255	0.049	0.355	1.203
Couche médullaire interne	78.75	15.604	2.297	0.049	0.368	1.179
Merveille d'Amérique.						
Enveloppe et couche corticale	74.63	16.394	2.694	0.041	0.386	1.324
Couche médullaire externe	77.16	17.168	2.768	0.032	0.269	1.064
Couche médullaire interne	79.96	13.070	3.054	0.040	0.289	1.084

Nous voyons par ces chiffres que la proportion des différents principes immédiats varie dans le même tubercule suivant la couche que l'on considère, sans toutefois que l'on puisse en tirer des conclusions précises, sauf en ce qui concerne l'eau et les matières azotées.

Remarquons, en passant, que les matières minérales se trouvent en fortes proportions dans les couches externes du tubercule.

Comme on devait s'y attendre, la teneur en eau suit (abstraction faite de l'enveloppe) une marche inverse de celle de la fécule, elle croît en effet régulièrement de la périphérie au centre. Nous pouvons donc dire que, d'une façon générale, les parties centrales sont les plus aqueuses et que la couche corticale, que nous avions déjà trouvée la mieux pourvue en fécule, est la plus riche en matière sèche.

Quant aux matières azotées (abstraction faite de l'enveloppe) nous les voyons croître de la périphérie au centre et ce sont les parties médullaires internes, que nous avons toujours trouvées les plus pauvres en fécule, qui contiennent dans tous les cas la plus forte proportion de matières azotées totales.

Nous avons essayé de séparer, parmi les matières azotées totales, celles qui se trouvent à l'état d'albuminoïdes. Pour faire cette distinction nous avons employé le procédé de Stutzer, coagulation des albuminoïdes par l'hydrate de cuivre, procédé qui n'est pas parfait puisque, dans certaines conditions, il peut précipiter une partie de la leucine, mais que nous avons dû nous résoudre à suivre, n'en connaissant pas de meilleur.

Voici les résultats que nous avons obtenus sur trois variétés :

	BLEUE GÉANTE.		CZARINE.		LESQUIN.	
	MATIÈRES azotées totales.	ALBUMINOÏDES pour 100 de matières azotées totales.	MATIÈRES azotées totales.	ALBUMINOÏDES pour 100 de matières azotées totales.	MATIÈRES azotées totales.	ALBUMINOÏDES pour 100 de matières azotées totales.
Enveloppe	2.274	*70.7*	2.249	*77.2*	1.812	*76.0*
Couche corticale.	1.910	*63.9*	1.844	*73.4*		
Couche médullaire externe . .	1.876	*54.7*	2.166	*57.2*	2.255	*71.1*
Couche médullaire interne . .	2.137	*41.1*	2.173	*53.5*	2.297	*67.6*

La proportion absolue de matières azotées albuminoïdes ne signifie

pas grand'chose par elle-même dans le cas présent, elle devient surtout intéressante quand on la compare à la proportion de matières azotées totales. Aussi, dans le tableau ci-dessus, avons-nous mis, en regard de la teneur en matières azotées totales la quantité d'albuminoïdes rapportée à 100 de matières azotées totales.

Nous trouvons ici un fait digne de remarque : si la proportion des matières azotées totales augmente régulièrement de la périphérie au centre, celle des albuminoïdes suit une marche inverse. En effet nous voyons, pour la Bleue géante, la couche corticale contenir 63.9 pour 100 de sa matière azotée à l'état d'albuminoïdes, alors que la couche médullaire externe n'en contient que 54.7 pour 100 et que dans la partie tout à fait centrale cette proportion s'est abaissée à 41.1 pour 100. Les autres variétés donnent des résultats analogues.

Pour nous assurer si cette distribution des matières azotées était indifférente de la grosseur des tubercules, nous avons fait dans la même variété, la Lesquin, trois lots formés respectivement de tubercules gros, moyens, petits.

Voici les résultats trouvés pour chacun de ces lots :

	GROS TUBERCULES.		TUBERCULES MOYENS.		PETITS TUBERCULES.	
	MATIÈRES azotées totales.	ALBUMINOÏDES pour 100 de matières azotées totales.	MATIÈRES azotées totales.	ALBUMINOÏDES pour 100 de matières azotées totales.	MATIÈRES azotées totales.	ALBUMINOÏDES pour 100 de matières azotées totales.
Enveloppe et couche corticale .	1.812	*76.0*	1.798	*80.9*	1.920	*81.3*
Couche médullaire { externe . .	2.255	*71.1*	2.165	*77.0*	2.214	*78.8*
Couche médullaire { interne . .	2.297	*67.6*	2.246	*75.3*	2.452	*75.0*

Nous voyons que, quelle que soit la grosseur du tubercule, la proportion d'albuminoïdes est plus faible dans les couches centrales que dans les couches externes.

Pour 2 variétés, Bleue géante et Czarine, nous avons divisé sui-

vant leur grand axe un certain nombre de tubercules en trois parties à peu près égales : ombilicale, intermédiaire et terminale, et pour chacun des trois lots ainsi formés, nous avons séparé les couches corticale, médullaire externe et médullaire interne. L'analyse de ces trois lots nous a fourni des chiffres dont nous ne pouvons donner ici le tableau en raison de son développement, mais qui nous a conduits aux conclusions suivantes.

Quelle que soit la portion du tubercule considérée, les couches médullaires sont toujours plus aqueuses et plus riches en matières azotées totales que la couche corticale, mais aussi plus pauvres en fécule et en albuminoïdes.

En résumé, la couche corticale est la plus riche en matière sèche, elle contient beaucoup plus de fécule et moins de matières azotées totales que la couche médullaire interne, mais dans ces matières azotées la proportion d'albuminoïde est très élevée.

La couche médullaire interne, la plus aqueuse, est la plus pauvre en fécule et la plus riche en matières azotées totales ; mais ces dernières ne contiennent que relativement peu d'albuminoïdes.

La couche médullaire externe, comprise entre les deux précédentes, présente une composition intermédiaire.

DEUXIÈME PARTIE

CARACTÈRES CHIMIQUES DE LA POMME DE TERRE ALIMENTAIRE

Nous avons fait observer que la connaissance des caractères chimiques de la pomme de terre alimentaire est indispensable pour arriver à l'établissement d'une méthode rationnelle de sélection des tubercules de semence en vue de la création de variétés améliorées, but premier de ce travail.

Pour la détermination de ces caractères, nos recherches ont porté d'abord sur 20 variétés de la récolte de 1894 provenant du champ de

collections de l'Institut agronomique à Joinville-le-Pont. M. Hyacinthe Rigault, de Groslay, l'un de nos meilleurs sélectionneurs français, nous ayant obligeamment fourni, au printemps de 1895, des tubercules de 14 autres variétés, les 34 variétés en notre possession ont été plantées à Joinville le 12 avril de la même année, dans les planches d'un terrain aussi uniforme que possible. C'est sur le produit de la récolte de ces planches que nous avons exécuté nos essais définitifs, ceux dont nous rapportons ici les résultats.

Dans des conditions de culture identiques, l'influence de la variété seule pouvait intervenir pour déterminer des différences de composition chimique et les données de l'analyse se trouvaient absolument comparables. Elles ne l'eussent point été, est-il besoin de le faire remarquer, pour des tubercules de provenances différentes; on sait, en effet, dans quelle large mesure les circonstances climatériques et surtout la nature et la richesse du sol réagissent sur la composition du tubercule.

Les desiderata du consommateur de pomme de terre portent sur plusieurs points spéciaux; la *saveur* du tubercule, ses *propriétés physiques* ou *mécaniques* (résistance des tissus à la désagrégation sous l'influence de la cuisson), son *volume*, sa *forme* et sa *couleur*.

La régularité du tubercule, le nombre et la profondeur des yeux relèvent de la question de forme; les pommes de terre lisses, avec des yeux rares et superficiels, sont les plus appréciées : l'épluchage en est plus rapide et laisse moins de déchet. Pour la même raison, on rejette généralement les variétés de trop faible volume; mais, d'autre part, les très gros tubercules sont d'une utilisation culinaire difficile. Ce sont donc en définitive les moyens que l'on préfère.

La couleur de l'enveloppe n'est qu'un caractère secondaire dont on tient plus ou moins compte, sans raisons bien justifiées d'ailleurs. Quant à celle de la chair, elle est appréciée différemment suivant les régions; dans le centre et le nord de la France, on consomme volontiers les variétés à chair blanche; celles à chair jaune sont, au contraire, les seules acceptées dans les cuisines parisiennes. Nos meilleures variétés de table présentent, d'ailleurs, cette dernière couleur.

Aucun des caractères que nous venons d'énumérer ne doit être

négligé par le sélectionneur soucieux d'obtenir des produits irréprochables et de vente facile. Mais il en est deux, d'une importance particulière, qui semblent en rapport direct avec la composition chimique du tubercule : ce sont la saveur et la résistance au délitement produit par la cuisson dans l'eau. Ils ont, pour cette raison, fixé notre attention et fait, de notre part, l'objet de recherches nombreuses.

I. — Saveur, propriétés culinaires.

En ce qui concerne la saveur et les propriétés culinaires, nous avons fait des essais directs de préparation des différentes variétés sous les quatre formes les plus usitées : pommes de terre frites, en purée, en ragoût et en salade.

Toutes nous ont donné de belles pommes de terre frites, bien soufflées et d'égale valeur en apparence. En ragoût et en salade les variétés qui résistent à la cuisson dans l'eau ont donné des mets d'un bel aspect, également présentables. Les plus belles purées ont, au contraire, été fournies par les variétés peu résistantes à la cuisson ; ce sont elles, en effet, qui se délayent le mieux sans laisser de grumeaux.

Mais ces produits culinaires, semblables en apparence, ont présenté à la dégustation de grandes différences ; chaque variété paraît avoir une saveur propre plus ou moins masquée, suivant les cas, par celle des condiments dont on l'additionne, mais qui n'est pas négligeable cependant, et qui s'apprécie de la même façon, qu'il s'agisse de l'une ou de l'autre des préparations culinaires dont nous venons de parler. A ce point de vue telle variété considérée comme bonne dans un cas le sera généralement dans tous les autres. D'où la possibilité d'établir une classification unique des variétés basée sur leur saveur[1].

Mais, on le comprendra, une telle classification n'a nécessairement rien d'absolu puisqu'elle repose exclusivement sur le goût du classificateur et qu'en matière de goût les jugements sont fort variables

1. Il sera bon cependant, dans le choix d'une variété, de tenir compte également de la résistance à la cuisson, de laquelle dépend, nous venons de le voir, le bon aspect de certaines préparations culinaires : salade, ragoût, purée, etc.

suivant les individus. Aussi n'accorderions-nous qu'une faible valeur à celle que nous avons tenté d'établir si elle ne correspondait assez exactement, au moins en ce qui concerne les variétés les plus connues et les mieux caractérisées, à tout ce que nous avons pu recueillir d'appréciations personnelles auprès des spécialistes : producteurs, marchands ou chefs de cuisine, et si, d'autre part, elle n'était corroborée par les cours du marché parisien. D'après nos essais de préparation et de dégustation, nous avons réparti comme suit nos 34 variétés de pommes de terre.

Variétés à saveur fine, excellentes pour la friture et, en général, bonnes pour les autres usages culinaires. Ces variétés sont classées sous la rubrique *très bonnes* dans le tableau que nous donnons plus loin : Belle de Fontenay, Marjolin hâtive, Marjolin Têtard, Fleur de pêcher, Chave, Royale, Semis B de H. Rigault.

A l'exception de la Fleur de pêcher, peu connue, et de la variété de semis obtenue par M. Rigault, qui ne se trouve point encore dans le commerce, ces variétés sont toujours citées parmi les plus recherchées pour la table.

Variétés à saveur agréable, bonnes pour la friture et les autres préparations. — Quarantaine de la Halle, Hollande jaune, Hollande rouge, Violette longue, Vitelotte, Lesquin, Caillou blanc, Aurora.

A la vérité, la distinction établie entre ces variétés et les précédentes est peut-être un peu subtile ; la qualité n'en est pas très sensiblement différente et l'on pourrait sans inconvénient les réunir dans une même catégorie.

Variétés passables. — Pousse-Debout, Victor, Rognon rose, Rother Salat, Saucisse, Flocon de neige, Merveille d'Amérique.

Quoique appartenant essentiellement à la culture potagère, la Victor, à laquelle sa grande précocité assure une place importante parmi les variétés de primeur, n'a qu'une assez faible valeur pour la table en raison de son manque de saveur. Nous sommes, sur ce point, de l'avis de M. Ch. Fasquelle[1], qui la caractérise ainsi : qualité médiocre, pas de goût.

1. *Journal de l'Agriculture,* 2 février 1895. Sur quelques nouvelles variétés de pommes de terre.

La Rother Salat est une variété allemande créée par Paulsen. Son nom indique assez qu'elle est, au jugement de son obtenteur, particulièrement propre à la préparation de la salade. La qualité nous en a paru un peu inférieure sous le rapport du goût.

Variétés de mauvaise qualité culinaire. — Éléphant blanc, Semis A de H. Rigault, Champion, Reine des Polders, Farineuse rouge, Géante bleue, Institut de Beauvais, Junon, Magnum bonum, Early rose, Négresse, Richter's Imperator.

Nos appréciations concernant la Géante bleue, la Magnum bonum et la Richter's Imperator sont encore corroborées par celles de M. Fasquelle. Mais il en est autrement à l'égard de la Junon que ce dernier considère comme très bonne.

Presque toutes les variétés de cette catégorie sont à grands rendements, riches en fécule, et trouvent leur utilisation dans l'industrie ou pour l'alimentation du bétail ; elles ne sont, en général, acceptées pour la table que dans les campagnes, à défaut de pommes de terre à saveur plus agréable.

Il paraît bien que plusieurs des substances entrant dans la composition du tubercule peuvent intervenir pour modifier sa saveur, qui résulte en définitive de la combinaison de leurs propres sapidités.

Cependant la fécule et les matières azotées nous ont semblé devoir jouer à cet égard le rôle principal. En effet, la fécule constitue à elle seule les deux tiers ou les trois quarts de la matière sèche de la pomme de terre. Étant donné qu'elle se trouve en abondance dans les tubercules des variétés de qualité culinaire inférieure et que la quantité en est moindre à mesure qu'on considère des races meilleures, il est logique de supposer que c'est à sa présence en excès qu'il faut attribuer le goût désagréablement fade des premières.

Néanmoins, si l'on consulte les chiffres du tableau ci-après indiquant la richesse en fécule des variétés que nous avons étudiées en regard de leur classement d'après nos essais culinaires, on se convaincra facilement qu'on ne saurait établir une relation mathématique entre la qualité du tubercule et la proportion absolue de fécule qu'il renferme.

Les variétés de semis B et Caillou blanc avec 13.7 et 13.8 p. 100,

Classement des variétés d'après leur teneur en matières azotées totales rapportée à 100 de fécule.

NOMS DES VARIÉTÉS.	POUR 100 de tubercules frais. FÉCULE.	POUR 100 de tubercules frais. MATIÈRES azotées totales.	MATIÈRES azotées pour 100 de fécule.	PRIX [1]. Novembre 1896.	CLASSEMENT d'après les essais culinaires et la dégustation.
				fr.	
Belle de Fontenay	11.056	2.774	25.0	»	Très bonne.
Marjolin hâtive	11.083	2.579	23.2	»	Très bonne.
Marjolin Têtard	10.652	2.470	23.1	»	Très bonne.
Fleur de pêcher	12.482	2.799	22.4	»	Très bonne.
Chave	11.188	2.504	22.3	»	Très bonne.
Royale	12.376	2.693	21.7	»	Très bonne.
Semis B (H. Rigault)	13.747	2.913	21.2	»	Très bonne.
Aurora	12.867	2.423	18.8	»	Bonne.
Quarantaine de la Halle	13.350	2.467	18.4	80 à 90	Bonne.
Violette longue	12.549	2.304	18.3	»	Bonne.
Vitelotte	15.575	2.832	18.1	»	Bonne.
Hollande jaune	13.417	2.358	17.5	»	Bonne.
Caillou blanc	13.867	2.426	17.4	»	Bonne.
Lesquin	13.341	2.307	17.3	»	Bonne.
Hollande rouge	12.790	2.169	16.9	»	
Pousse-Debout	12.337	2.098	17.0	»	Passable.
Merveille d'Amérique	17.126	2.977	17.3	»	Passable.
Victor	14.530	2.467	16.9	»	Passable.
Rother Salat	13.925	2.327	16.7	»	Passable.
Saucisse rouge	12.812	2.123	16.6	60 à 70	Passable.
Rognon rose	14.427	2.358	16.3	»	Passable.
Flocon de neige	13.671	2.205	16.1	»	Passable.
Éléphant blanc	11.999	1.897	15.8	»	Mauvaise.
Semis A (H. Rigault)	16.401	2.562	15.6	»	Mauvaise.
Champion	16.511	2.574	15.5	»	Mauvaise.
Reine des Polders	17.454	2.545	14.5	»	Mauvaise.
Farineuse rouge	16.780	2.398	14.2	»	Mauvaise.
Géante bleue	14.485	2.013	13.8	»	Mauvaise.
Institut de Beauvais	13.831	1.884	13.6	»	Mauvaise.
Junon	18.178	2.231	12.2	»	Mauvaise.
Magnum bonum	13.520	1.592	11.7	50 à 55	Mauvaise.
Early rose	17.037	1.951	11.4	50 à 55	Mauvaise.
Négresse	17.046	1.797	10.5	»	Mauvaise.
Richter's Imperator	19.327	1.641	8.4	40	Mauvaise.

1. Ces prix s'entendent pour 1 000 kilogr. de tubercules pris en gare de Paris.

la Vitelotte avec plus de 15.5 p. 100 de fécule sont parmi les bonnes sortes de table; la Quarantaine de la Halle, la Hollande jaune, également très appréciées, n'en contiennent guère moins. Au nombre des mauvaises nous rencontrons, au contraire, l'Éléphant blanc dont la teneur en fécule atteint à peine 12 p. 100, la Magnum bonum et l'Institut de Beauvais pour lesquelles elle n'est que de 13.5 et 13.8 p. 100.

Si, d'autre part, nous examinons les chiffres relatifs à la proportion de matières azotées totales existant dans les variétés que nous avons analysées, nous constatons qu'on ne peut pas non plus se baser sur ces chiffres considérés seuls pour rechercher à laquelle des quatre catégories précédemment établies appartient un lot déterminé. Plusieurs variétés reconnues mauvaises : Semis A, Champion, Reine des Polders, renferment plus de 2.5 p. 100 de matières azotées. Parmi les bonnes, la Chave et la Marjolin hâtive n'en contiennent pas davantage, la Quarantaine de la Halle, la Violette longue, la Hollande jaune, la Lesquin et plusieurs autres en renferment moins, de 2.1 à 2.4 p. 100. Il n'existe donc ici aucune proportionnalité absolue.

Mais, pour nos diverses variétés, établissons le rapport existant entre les quantités de fécule et de matières azotées qui s'y trouvent et rapprochons-le de l'indication relative à la saveur. Classons ensuite ces variétés, comme nous l'avons fait dans notre tableau, par ordre décroissant des chiffres indiquant ce rapport ; nous sommes immédiatement frappés de la parfaite correspondance de ces deux données : qualité culinaire et proportion de matières azotées p. 100 de fécule. Nous avons trouvé que cette proportion variait de 21 à 25 p. 100 pour les meilleures variétés, qu'elle était comprise entre 17 et 19 p. 100 pour celles qui nous ont paru s'en rapprocher par la saveur ; elle se trouvait encore supérieure à 16 p. 100 dans les variétés passables et ne descendait au-dessous de ce chiffre que pour celles qui sont notoirement mauvaises. Elle s'abaisse à 8.4 p. 100 pour la Richter's Imperator que toutes les personnes qui l'ont goûtée s'accordent à trouver très inférieure.

L'analyse chimique peut donc suppléer à l'essai de dégustation pour la détermination de la qualité culinaire d'un lot donné de tu-

bercules. En raison de sa précision elle présente même sur cet essai un avantage marqué et, pour l'appréciation de variétés nouvelles ou peu connues, on en peut, croyons-nous, tirer sur ce point d'excellentes indications.

En définitive, dans nos essais, pour toutes les bonnes variétés de table, le rapport $\frac{\text{matières azotées}}{\text{fécule}} \times 100$ dépasse 17 ; il est inférieur à 16 pour les variétés mauvaises et oscille entre ces deux chiffres pour les variétés douteuses.

Que ces limites puissent s'étendre si l'on considère un plus grand nombre de variétés, nous ne le contesterons pas ; la règle n'en subsiste pas moins et les chiffres que nous venons d'indiquer nous paraissent en principe susceptibles de servir de base au classement des variétés sous le rapport de la valeur pour la table.

II. — Résistance des tubercules à la cuisson dans l'eau.

Quand un tubercule de pomme de terre est soumis à la cuisson dans l'eau, il se ramollit simplement en conservant sa forme primitive, ou bien il se désagrège plus ou moins, se boursoufle et éclate en certains points. Souvent même la dissociation de ses éléments est si complète qu'il se réduit en une véritable bouillie.

Ce délitement est attribué au gonflement de la fécule. On sait, en effet, que, dans la pratique courante, les cuisinières désignent sous le nom de pommes de terre *farineuses* les variétés qui se délitent facilement. Cette opinion semble confirmée, en thèse générale, par les essais que nous avons effectués sur les diverses variétés et dont les résultats se trouvent en partie consignés dans le tableau ci-dessous extrait de celui qui figure à la fin du présent chapitre.

Résistance à la cuisson dans l'eau.

Variétés résistantes.

	FÉCULE pour 100 de tubercules frais.
Marjolin Têtard.	10.652
Belle de Fontenay.	11.056
Marjolin hâtive.	11.083

	FÉCULE pour 100 de tubercules frais.
Chave	11.188
Royale	12.376
Fleur de pêcher	12.482
Violette longue	12.549
Hollande rouge	12.790
Saucisse rouge	12.812
Quarantaine de la Halle	13.350
Hollande jaune	13.417
Flocon de neige	13.671
Caillou blanc	13.867
Rognon rose	14.427
Vitelotte	15.575
Semis A de H. Rigault	16.401
Merveille d'Amérique	17.126
Variétés se délitant un peu.	
Eléphant blanc	11.999
Pousse-Debout	12.337
Institut de Beauvais	13.831
Géante bleue	14.485
Victor	14.530
Champion	16.511
Reine des Polders	17.454
Variétés se délitant complètement.	
Magnum bonum	13.520
Farineuse rouge	16.780
Early rose	17.037
Négresse	17.046
Junon	18.178
Richter's Imperator	19.327

On voit qu'en règle générale, nos bonnes variétés de table, qui se délitent peu, sont pauvres en fécule ; tandis que les autres, celles qui résistent moins bien à la cuisson, en sont au contraire mieux pourvues.

Mais si l'on examine de plus près les éléments du précédent tableau, on se convainc aisément que la forte proportion de fécule dans certaines variétés n'est pas la seule cause de leur faible résistance à la cuisson. C'est ce qu'indiquent les chiffres suivants, plus

élevés pour les variétés résistantes que pour celles à délitement facile placées au-dessous.

Variétés résistant à la cuisson dans l'eau.

NOMS.	FÉCULE. pour 100.
Caillou blanc	13.86
Rognon rose	14.43
Vitelotte	15.57
Semis A	16.40

Variétés se délitant à la cuisson dans l'eau.

Éléphant blanc	11.99
Pousse-debout	12.34
Magnum bonum	13.52
Géante bleue	14.48

Voici un exemple encore plus net fourni par deux variétés de même précocité, également riches en fécule, mais dont les tubercules se comportent différemment dans le cas qui nous occupe :

	FÉCULE. pour 100.	
Early rose	17.04	*se désagrège* après 10 minutes de cuisson.
Merveille d'Amérique	17.13	*résiste* même au bout de 2 heures de cuisson.

Examinons au microscope ces tubercules après cuisson (*fig. 10 et 11*). Nous y voyons les grains de fécule également gonflés et déformés dans les deux variétés. Mais tandis que les cellules de l'Early rose ne nous apparaissent plus qu'imparfaitement reliées les unes aux autres, souvent même complètement indépendantes, nous constatons qu'au contraire celles de la Merveille d'Amérique restent entièrement soudées et forment encore un tissu continu, très peu différent du tissu primitif.

Comme la proportion de matière amylacée est la même dans ces deux variétés, on peut admettre que la pression exercée sur les parois des cellules par le gonflement des grains de fécule a été aussi énergique chez l'une que chez l'autre et que, par suite, elle aurait dû produire dans ces deux cas les mêmes effets. Si les cellules de la Merveille d'Amérique ont résisté à cette pression, est-ce parce

Aspect du parenchyme après cuisson du tubercule.

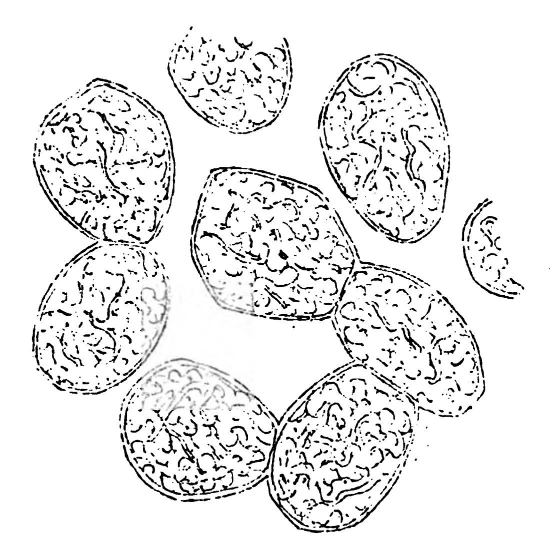


FIG. 10. — EARLY ROSE.

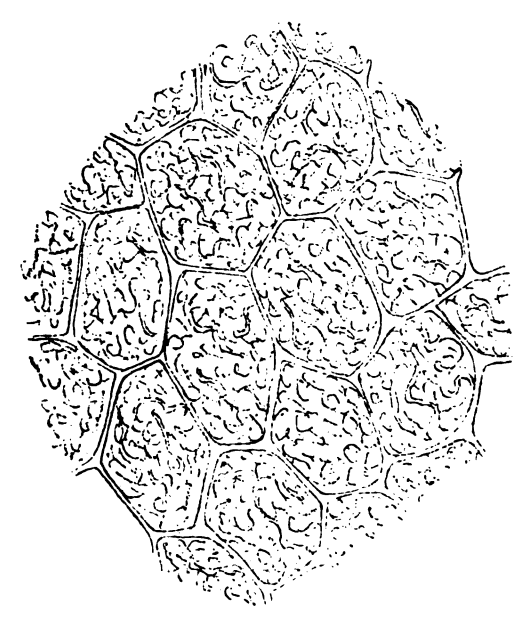


FIG. 11. — MERVEILLE D'AMÉRIQUE.

que leurs parois étaient plus épaisses ou leurs dimensions plus réduites? Des mesures micrométriques effectuées avec soin nous ont montré qu'il n'en était rien et que les cellules de ces deux variétés se trouvaient en tous points comparables.

Il fallait donc chercher la cause de cette résistance à la cuisson dans une adhérence plus parfaite des parois cellulaires entre elles et voir si la proportion des substances agglutinantes n'était pas plus élevée dans un cas que dans l'autre.

Au premier rang des matières susceptibles de souder les cellules les unes aux autres, nous trouvons les corps pectiques auxquels un grand nombre d'auteurs attribuent le rôle de ciment intercellulaire. Citons parmi ceux-ci Payen, Mülder et Harting, Kabsch, Frémy et plus récemment M. L. Mangin[1].

Le dosage[2] de ces matières dans 10 variétés, dont 6 à délitement facile, nous a conduits aux résultats suivants :

Variétés résistant à la cuisson dans l'eau.

	MATIÈRES PECTIQUES exprimées en acide pectique (pour 100 de tubercules frais).
Hollande jaune	0.211
Variété de semis B	0.244
Belle de Fontenay	0.336
Merveille d'Amérique	0.370

Variétés se délitant à la cuisson dans l'eau.

Farineuse rouge	0.190
Junon	0.269
Négresse	0.271
Early rose	0.315
Magnum bonum	0.346
Richter's Imperator	0.364

1. *Journal de Botanique,* 1893. Recherches anatomiques sur la distribution des composés pectiques chez les végétaux.

2. Le dosage des corps pectiques en bloc était effectué, sur un lot de tubercules entiers, de la façon suivante : le lot, découpé en tranches très minces, était aussitôt mis en flacon en présence d'un grand excès d'alcool. Au bout de quelques jours l'alcool était décanté et on achevait la dessiccation à 50°. La matière sèche, réduite en poudre, était traitée en présence d'alcool par le carbonate de soude, etc.

L'examen de ces chiffres démontre qu'il n'y a aucun rapport entre le délitement et la proportion de corps pectiques des tubercules. Deux des variétés résistantes à la cuisson renferment moins de matières pectiques que les cinq dernières de notre seconde colonne et, parmi celles-ci, la variété qui en contient le plus est précisément la Richter's Imperator, dont le délitement est le plus rapide et le plus complet. Sa composition se rapproche, quant à ces matières, de celle de la Merveille d'Amérique qui se délite peu.

Faisons observer ici que la coction, qui détermine, nous venons de le voir, une désagrégation rapide des tubercules de certaines variétés, peut être prolongée fort longtemps — plusieurs heures — sans exercer sur d'autres une action sensible à cet égard, même lorsqu'il s'agit de menus fragments. Faut-il, en ce qui concerne la pomme de terre tout au moins, en tirer argument contre cette conclusion de M. Mangin : « Tous les agents qui transforment les pectates insolubles en pectates doubles solubles ou qui mettent l'acide pectique en liberté, tendent à dissocier les tissus mous. *C'est ce qui arrive par l'ébullition prolongée des tissus dans l'eau pure.* » Nos recherches sur ce point sont trop incomplètes pour que nous puissions nous prononcer d'une façon catégorique et nous laissons à d'autres expérimentateurs le soin de trancher la question.

Mais il existe une autre catégorie de substances qui peuvent intervenir, indirectement peut-être, pour maintenir l'adhérence des cellules entre elles : ce sont les matières albuminoïdes. Sous l'influence de la chaleur, en effet, la coagulation de ces matières entraîne la formation d'un magma qui, emprisonnant dans sa masse la fécule hydratée, s'oppose à l'action qu'exercerait son gonflement sur les parois cellulaires, met, par suite, obstacle à la déformation de celle-ci et empêche ainsi la séparation des cellules. Nous nous expliquons, du moins, de cette façon comment les choses peuvent se passer. Lors de la panification, c'est le gluten qui, jouant un rôle analogue à l'égard de l'amidon et des cellules, respectées ou non par la mouture, donne du corps au pain en les agglutinant.

Nous sommes donc autorisés à supposer que les matières albuminoïdes agissent de même lors de la cuisson du tubercule et nous nous trouvons, par suite, conduits à chercher une relation directe

entre le degré de résistance au délitement du tubercule et la proportion des matières albuminoïdes qu'il renferme.

Si nous admettons la théorie précédente, nous en déduirons *à priori* que ce n'est point à la proportion *absolue* de ces matières dans le tubercule qu'il faut attribuer la plus ou moins grande résistance des variétés à la cuisson, mais aux proportions relatives d'albuminoïdes et de fécule qu'ils renferment. L'expérience confirme dans ses deux parties ce corollaire ; en effet, certaines variétés à désagrégation facile renferment plus de matières albuminoïdes que d'autres dont les tubercules soumis à la coction restent entiers. En voici quelques exemples :

Variétés résistant à la cuisson dans l'eau.

	MATIÈRES albuminoïdes pour 100 de tubercules frais.
Belle de Fontenay	1.243
Marjolin Têtard	1.257
Hollande rouge	1.297

Variétés se délitant à la cuisson dans l'eau.

Champion	1.392
Reine des Polders	1.403

Si nous considérons, au contraire, le rapport existant entre les quantités d'albuminoïdes et de fécule que contiennent les différentes variétés et que nous le rapprochions des résultats de nos essais de coction, nous constatons qu'il existe une relation étroite entre la valeur de ce rapport et la façon dont le tubercule se comporte à la cuisson. C'est ce qui ressort nettement des indications du tableau ci-après.

Le délitement est nul ou très faible pour les variétés dont la proportion de matières albuminoïdes rapportée à 100 de fécule dépasse 8.5 ; il devient appréciable à partir de ce chiffre et n'est réellement complet qu'au-dessous de 6.6.

Sans prétendre que des causes secondaires, d'ordre anatomique ou chimique, ne puissent jouer un rôle dans la résistance du tubercule de la pomme de terre au délitement produit par la cuisson,

Classement des variétés d'après la teneur en matières albuminoïdes rapportée à 100 de fécule.

NOMS DES VARIÉTÉS.	POUR 100 de tubercules frais. Fécule.	POUR 100 de tubercules frais. Matières albuminoïdes.	MATIÈRES albuminoïdes pour 100 de fécule.	RÉSISTANCE à la cuisson dans l'eau.
Marjolin hâtive	11.083	1.559	14.0	Délitement faible ou nul.
Royale	12.376	1.535	12.4	
Chave	11.188	1.379	12.3	
Fleur de pêcher	12.482	1.518	12.1	
Marjolin Tétard	10.652	1.257	11.8	
Belle de Fontenay	11.056	1.243	11.2	
Caillou blanc	13.867	1.660	10.9	
Quarantaine de la Halle	13.350	1.400	10.4	
Hollande rouge	12.790	1.297	10.1	
Flocon de neige	13.671	1.360	9.9	
Lesquin	13.341	1.307	9.7	
Rognon rose	14.427	1.387	9.6	
Violette longue	12.549	1.194	9.5	
Merveille d'Amérique	17.126	1.622	9.4	
Semis B. (H. Rigault)	13.747	1.279	9.3	
Aurora	12.867	1.171	9.1	
Rother-Salat	13.925	1.258	9.0	
Saucisse rouge	12.812	1.130	8.8	
Vitelotte	15.575	1.355	8.7	
Hollande jaune	13.417	1.152	8.6	
Semis A (H. Rigault)	16 401	1.403	8.5	
Champion	16.511	1.392	8.4	Délitement appréciable.
Pousse-debout	12.337	1.030	8.3	
Reine des Polders	17.454	1.405	8.0	
Éléphant blanc	11.999	0.887	7.4	
Géante bleue	14.485	1.056	7.3	
Institut de Beauvais	13.831	1.006	7.2	
Victor	14.530	0.964	6.6	
Magnum bonum	13.520	0.840	6.6	Délitement complet.
Farineuse rouge	16.780	1.092	6.5	
Early rose	17.037	1.086	6.4	
Junon	18.178	1.117	6.1	
Négresse	17.046	0.939	5.5	
Richter's Imperator	19.327	0.838	4.3	

nous croyons que, dans tous les cas, cette résistance est fonction du rapport $\frac{\text{matières albuminoïdes}}{\text{fécule}}$.

Et, comme celle dont l'établissement fait l'objet de notre précédent chapitre, cette règle nous paraît susceptible de fournir d'utiles applications pratiques.

III. — Relations entre la composition chimique et la précocité.

Existe-t-il une relation entre le degré de précocité des variétés de pommes de terre et leur composition chimique? Cette question a, pour le sélectionneur, une grande importance au point de vue des choix qu'il peut baser sur l'époque de la maturité des tubercules.

Dans le but de l'élucider, nous avons classé les variétés étudiées, par ordre de précocité décroissante, en cinq catégories correspondant aux époques de maturité : juin, juillet, août, septembre et octobre et, nous avons inscrit, en regard du nom de chacune d'elles, les proportions d'eau, de matières azotées et de fécule qu'elles renfermaient.

De l'examen des chiffres du tableau ainsi dressé, il résulte bien qu'en règle générale les variétés précoces sont plus aqueuses, plus riches en matières azotées et plus pauvres en fécule que les variétés tardives, ce qui était à prévoir, ne fût-ce que par analogie avec d'autres plantes cultivées, le blé par exemple, dont le grain est plus riche en gluten dans les variétés hâtives. Mais, cette règle souffre de trop nombreuses exceptions pour qu'on puisse lui reconnaître une valeur pratique.

L'examen du tableau ci-contre permet de constater, en effet :

1° Que la Magnum bonum, la Lesquin, l'Institut de Beauvais, variétés tardives, renferment autant d'eau que la Victor, la Quarantaine de la Halle et la Royale, variétés précoces ;

2° Que les matières azotées sont plus abondantes dans certaines variétés tardives — Vitelotte, Champion, Aurora — que dans quelques variétés précoces — Flocon de neige, Early rose ;

3° Enfin, qu'inversement, des variétés précoces — Victor, Flocon

Classement des variétés d'après leur précocité.

	NOMS DES VARIÉTÉS.	EAU pour 100.	MATIÈRES azotées totales pour 100.	FÉCULE pour 100.
Très précoces. 1re époque (juin-juillet).	Victor	79.44	2.467	14.530
	Marjolin hâtive	81.66	2.579	11.083
Précoces. 2e époque (juillet-août).	Quarantaine de la Halle	79.44	2.467	13.350
	Belle de Fontenay	81.58	2.774	11.056
	Royale	79.86	2.693	12.376
	Marjolin Tétard	82.19	2.470	10.652
	Flocon de neige	78.88	2.205	13.671
Précocité moyenne. 3e époque (août).	Chave	81.61	2.504	11.188
	Violette longue	80.49	2.304	12.549
	Hollande rouge	80.61	2.169	12.790
	Hollande jaune	78.31	2.358	13.417
	Rognon rose	79.04	2.358	14.427
	Early rose	77.70	1.951	17.037
Tardives. 4e époque (septembre).	Lesquin	79.71	2.307	13.341
	Pousse-Debout	80.82	2.098	12.337
	Institut de Beauvais	79.35	1.884	13.831
	Vitelotte	75.63	2.832	15.575
	Saucisse	80.80	2.123	12.812
	Champion	74.41	2.574	16.511
	Magnum bonum	79.94	1.592	13.520
	Farineuse rouge	75.40	2.398	16.780
	Aurora	81.08	2.423	12.867
Très tardives. 5e époque (octobre).	Négresse	74.55	1.797	17.046
	Géante bleue	77.48	2.013	14.485
	Junon	73.35	2.231	18.178
	Rother-Salat	78.35	2.327	13.925
	Richter's Imperator	74.22	1.641	19.327

de neige, Quarantaine de la Halle — renferment autant de fécule que d'autres variétés mûrissant tardivement — Magnum bonum, Aurora, Pousse-Debout.

Aussi nous paraît-il prudent de n'accorder qu'une confiance médiocre aux indications tirées de la précocité des variétés en ce qui concerne leur valeur pour un mode d'utilisation déterminé. Telle variété tardive, la Vitelotte par exemple, conviendra parfaitement pour la table; telle variété précoce, au contraire — citons l'Early rose — renfermera suffisamment de fécule pour que l'industrie puisse en tirer un parti avantageux.

Cependant l'on ne cultive plus guère aujourd'hui pour les usages industriels que les variétés tardives. Cela tient à ce qu'elles fournissent des rendements bien supérieurs à ceux que l'on obtient des races précoces, auxquelles une période de végétation moins prolongée ne permet pas d'accumuler dans les tubercules la même quantité de matières de réserve. Elles sont donc nécessairement préférées à ces dernières quand il n'est question que d'obtenir une masse de fécule aussi élevée que possible.

Des variétés très précoces, il n'a subsisté, et logiquement il ne doit subsister, que celles qui possèdent des qualités culinaires appréciées du consommateur; pour que leurs produits peu abondants soient rémunérateurs, il faut, en effet, qu'ils atteignent des prix élevés. Ces prix leur sont, d'ailleurs, assurés dans une certaine mesure par la recherche dont ils sont l'objet à l'époque où ils apparaissent sur le marché. Ces variétés appartiennent exclusivement à la culture potagère pour la satisfaction des besoins du propriétaire ou la vente dans les villes; c'est à des sortes moins coûteuses que l'habitant des campagnes a recours pour sa consommation personnelle.

Remarquons, en passant, que l'examen des chiffres du tableau précédent conduit encore à une autre conclusion, d'une importance réelle au point de vue de l'alimentation du bétail : la richesse d'une pomme de terre en fécule n'implique pas nécessairement sa pauvreté en matières azotées. Contrairement à l'opinion de Wolff, il n'y a aucune relation entre ces deux données. Parmi les variétés de grande culture que nous avons étudiées, il s'en trouve plusieurs qui

renferment à la fois une forte proportion de ces deux substances ; telles sont la Champion, la Farineuse rouge, la Merveille d'Amérique, la Junon ; ces variétés, peu aqueuses, ont une valeur fourragère élevée.

En résumé, les variétés potagères, considérées au point de vue de leur composition chimique, présentent les caractères suivants. Elles sont :

1° Aqueuses ;

2° Riches en matières azotées, notamment en matières albuminoïdes ;

3° Relativement pauvres en fécule ;

4° Elles paraissent être d'autant meilleures pour la table que le rapport $\frac{\text{matières azotées totales}}{\text{fécule}}$ est plus élevé ;

5° D'autre part, leur résistance au délitement produit par la cuisson dans l'eau est directement proportionnelle à la valeur du rapport $\frac{\text{albuminoïde}}{\text{fécule}}$. Pour les variétés que nous avons examinées en 1895, le délitement se produisait complètement dans tous les cas où ce rapport se trouvait inférieur à 6.6.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il ressort, en définitive, des faits contenus dans ce travail, que :

1° L'analyse d'un lot de pommes de terre doit toujours être effectuée sur un échantillon formé par un certain nombre de *tubercules entiers ;*

2° Le tubercule de la pomme de terre n'est pas constitué par une masse homogène. Abstraction faite de l'enveloppe, qui ne représente qu'une très faible fraction du tubercule, la zone *corticale* est de beaucoup la plus riche en matière sèche et c'est elle qui contient la plus forte proportion de fécule. Sa teneur en matières azotées totales est sensiblement inférieure à celle des couches médullaires, mais dans les matières azotées qu'elle renferme la proportion d'albumi-

noïdes est élevée. Sa densité est très forte et elle offre au passage des rayons X plus de résistance que les couches médullaires.

La couche médullaire interne est la plus aqueuse et la plus pauvre en fécule. C'est elle qui contient la plus forte proportion de matières azotées totales, mais dans ces dernières il n'y a relativement que peu d'albuminoïdes.

La couche médullaire externe, comprise entre les deux précédentes, présente une composition intermédiaire ;

3° La valeur culinaire de la pomme de terre est directement proportionnelle à sa teneur en matières azotées totales et inversement proportionnelle à sa richesse en fécule.

Le rapport $\frac{\text{matières azotées totales}}{\text{fécule}}$ permet d'apprécier, sans dégustation, la qualité d'une variété quelconque. Pour l'année 1895 ce rapport a été supérieur à 17 pour les bonnes variétés de table, inférieur à 16 pour les médiocres et les mauvaises ;

4° La résistance à la cuisson dans l'eau que présentent certaines variétés qui peuvent supporter plusieurs heures d'ébullition sans se déliter, ne tient pas, comme on serait tenté de le croire, à une teneur élevée en corps pectiques, pas plus qu'à une faible richesse en fécule. Cette résistance semble due, tout au moins dans une large mesure, à la proportion d'albuminoïdes qu'elles renferment, comparée à leur teneur en fécule. Parmi les variétés étudiées en 1895, toutes celles pour lesquelles la proportion d'albuminoïdes pour 100 de fécule dépassait 8.5 résistaient parfaitement à la cuisson dans l'eau. Au-dessous de ce chiffre, le délitement devenait appréciable, et il était complet pour les variétés chez lesquelles ce rapport était inférieur à 6.6 ;

5° Il n'y a pas de relation bien nette entre la composition chimique et la précocité. D'une façon générale, les variétés précoces sont plus aqueuses, plus riches en matières azotées et plus pauvres en fécule que les variétés tardives, mais le nombre des exceptions est trop grand pour qu'on puisse attribuer une valeur pratique à cette règle ;

6° Enfin nous pouvons ajouter les conclusions pratiques suivantes :

Le *sélectionneur,* s'il doit, pour donner satisfaction au consomma-

teur, s'attacher à la forme, au volume, à la couleur, au nombre d'yeux des tubercules, peut trouver dans l'analyse chimique un moyen certain d'en apprécier la valeur culinaire.

De l'examen du tubercule coupé il pourra tirer aussi d'utiles indications sur sa composition probable. Plus la couche corticale aura d'épaisseur par rapport au diamètre de la section, plus, en règle générale, le tubercule renfermera de fécule, mais moins la proportion de matières azotées totales sera forte. S'agit-il de produire des variétés industrielles en faisant des choix rationnels dans un lot de semis, c'est aux tubercules à zone corticale très développée qu'il devra s'adresser de préférence. Il choisira au contraire, comme plants, des tubercules à moelle abondante s'il veut obtenir des pommes de terre de valeur élevée pour la table.

Nous sommes persuadés qu'un opérateur habitué à ce genre d'appréciation et sectionnant toujours ses tubercules de l'ombilic au bourgeon terminal aurait ainsi à sa disposition un moyen très rapide de sélection. Toutefois, l'analyse chimique d'une moitié du tubercule, sectionné dans le sens de la couronne — l'autre moitié étant réservée pour la multiplication — offrirait plus de garantie de réussite et permettrait d'arriver rapidement à la création de variétés de haute valeur culinaire.

LES

PROGRÈS DE LA VINIFICATION

DANS L'AUDE

PAR

LUCIEN SEMICHON

DIRECTEUR DE LA STATION ŒNOLOGIQUE DE L'AUDE

INTRODUCTION

On a toujours dit que les vins de France constituent une de ses grandes richesses, que la France est le pays du monde qui produit le plus de vin, celui où la variété des vins le dispute le plus à la qualité.

Aussi les gouvernements, les sociétés agricoles et viticoles et les viticulteurs eux-mêmes ont-ils rivalisé de zèle, chacun dans sa sphère, pour maintenir le vignoble français coûte que coûte dans cette prospérité pour ainsi dire proverbiale, malgré tant d'infortunes qui l'affligent depuis cinquante ans : oïdium, phylloxéra, mildiou, blackrot, etc.

Si la vigne a subi tant d'épreuves et tant de transformations, il ne faut pas se dissimuler que ces transformations entraînent avec elles certaines exigences, certaines modifications dans la culture et dans la façon de faire le vin. Autrefois on plantait en vigne les coteaux; on cultivait les plaines en prairies et en céréales. La vigne donnait peu de récolte, mais beaucoup de qualité. Aujourd'hui les coteaux sont en minorité dans le vignoble méridional.

Pour des raisons que nous verrons tout à l'heure, on a préféré les alluvions à culture facile aux coteaux d'autrefois. Ceux-ci ne sont reconstitués que peu à peu, et encore y introduit-on les procédés de culture des plaines, dans le but de leur faire produire le plus possible. Aux nouvelles terres susceptibles de rendements plus abondants on a demandé des productions énormes. Or, c'est une coquetterie de la nature de réserver ses meilleurs dons aux régions peu favorisées par l'abondance des biens de la terre. Le parfum et le coloris des fleurs, aussi bien que la suavité des fruits, aussi bien que le bouquet des vins sont plus délicats et plus veloutés sur les versants des collines où les récoltes sont plus réduites, la terre plus aride, le travail plus pénible. C'est un juste retour de la justice naturelle, et c'est aussi un frein à notre avidité qui voudrait avoir beaucoup et avoir les meilleures choses.

Quoi d'étonnant que dans ces conditions le viticulteur se plaigne quelquefois de la qualité de ses produits! Quoi de plus injuste que ces accusations que l'on entend lancer chaque jour aux jeunes vignes: « Jamais elles ne nous donneront nos vins d'autrefois? » Pardon, comparez ce que donnent ces vignes nouvelles là où vous aviez vos vieux vignobles, ne leur demandez pas davantage, et vous aurez les mêmes produits.

Qualité et quantité sont souvent contradictoires. Le producteur de vin, tout en conservant ses vieux ennemis d'autrefois: l'aigre, la tourne, l'amer, etc., qui trouvaient dans l'alambic un remède absolu et encore avantageux, se heurte à de nouveaux écueils: les vins sont mous, ils ne tiennent pas, ils cassent, ils plombent, ils noircissent à l'air; toutes affections qu'on doit attribuer aux maturations irrégulières, plus difficiles à cause des grands rendements que l'on exige aujourd'hui. A une vigne nouvelle il faut satisfaire des exigences nouvelles; aux récoltes abondantes il faut des soins particuliers.

Cependant, si l'on excepte certains grands crus, il est surprenant de voir combien les procédés employés par les viticulteurs dans la fabrication du vin sont primitifs et défectueux. On fait toujours le vin comme il y a cinquante ans et les propriétaires se comptent qui commencent à comprendre l'intérêt qu'ils pourraient tirer d'une fabrication plus rationnelle et plus méthodique. Il y a à cela une

large excuse : c'est que jusqu'ici toutes les préoccupations des viticulteurs se sont portées sur les questions souvent délicates de la reconstitution des vignobles. Ce sont là des questions primordiales, parmi lesquelles l'adaptation au sol, la sélection des plants, le greffage, la lutte contre les maladies si nombreuses que la vigne américaine a apportées avec elle, ont absorbé la plus grosse part de leur activité.

L'administration elle-même s'est attachée avec énergie à la défense puis à la reconstitution du vignoble et à la lutte contre les parasites, laissant longtemps sans direction les problèmes de vinification et de conservation des vins.

Il est même surprenant de voir que la France, le pays vignoble par excellence, s'est laissé précéder par d'autres nations dans l'étude des vins et de leur fabrication. L'Italie, la Hongrie, les États-Unis, voire même l'Espagne, possèdent depuis longtemps des établissements chargés spécialement d'étudier cette industrie.

En France, le Gouvernement a créé en 1895 des stations œnologiques, et désormais les maladies des vins, leur conservation, les meilleures façons de faire la récolte et la vinification, de corriger les défauts de la vendange, de faire ressortir ses qualités, pourront être officiellement étudiées. Les viticulteurs peuvent avoir de premières indications sur les moyens d'obtenir dans leur cave un produit possédant le maximum de qualités marchandes et pouvant lutter avec avantage contre les produits de l'étranger et les vins artificiels.

Chargé de la direction de la *Station œnologique de l'Aude,* nous croyons rendre service aux propriétaires en rapportant ici les moyens d'action de notre établissement et les services qu'il peut leur rendre.

Nous avons à Narbonne, à la station œnologique, deux genres d'occupations : les *travaux de recherche* et les *rapports avec le public.*

Les premiers se poursuivent à la fois à la propriété et aux laboratoires. Ils comprennent :

Des études sur les procédés de vinification ;

Des études sur la valeur des produits viticoles de la région méridionale ;

Des études d'ordre microbiologique sur les fermentations et sur les maladies des vins.

Les seconds nous permettent de répandre les conseils les plus indiqués, relatifs aux perfectionnements que peut apporter le propriétaire dans le but d'obtenir des produits meilleurs, plus marchands et plus à l'abri des maladies.

Cette œuvre de propagande et de vulgarisation se poursuit par trois méthodes :

1° Les *consultations gratuites* et les *analyses agricoles*. — Ces consultations sont données tous les jours au laboratoire ou par correspondance. Elles portent sur les maladies de la vigne et des vins, les engrais, la chimie agricole, sur les procédés de vendange, de vinification, de conservation des vins, sur le matériel vinaire, l'installation des celliers, les falsifications des vins, etc.

Certaines questions, cependant, ne peuvent être éclairées que par une analyse. Nous sommes outillés maintenant pour faire à la station œnologique toutes les analyses possibles sur les produits agricoles, présentant toutes les garanties que peut donner un établissement officiel, avec le tarif accoutumé des laboratoires de Paris.

2° Les *conférences publiques*. — Ces conférences sont surtout utiles à la veille des vendanges. Nous avons pu en faire cette première année dans les principaux centres viticoles du département. Nous regrettons seulement de n'avoir pu nous rendre davantage dans la région de Limoux. Il y a des difficultés matérielles à suivre la vendange dans toutes les régions d'un département aussi étendu que l'Aude ; c'en a été la seule cause.

Dans ces conférences nous nous attachons surtout aux améliorations faciles à apporter : époque de la vendange, soins de propreté, foulage, durée du cuvage, surveillance de la température, soins des futailles, etc., répondant ensuite aux observations et aux questions que peuvent nous faire les propriétaires.

3° Les *essais de démonstration*. — Nous avons pensé que des essais de démonstration, faits dans des caves bien choisies, répondant au même but que les champs de démonstration des professeurs d'agriculture, seraient de nature à propager, par l'exemple, certains usages ou certaines méthodes avantageuses dans telle ou telle région.

Plusieurs ont été entrepris à la dernière vendange, sur l'utilité du foulage, la durée du cuvage, le refroidissement des moûts. Les résultats de ces essais, à peu près connus à l'avance, seront une excellente base pour nos conférences de la prochaine vendange.

C'est dans ces conditions que nous avons travaillé depuis la vendange 1895.

But de ce travail.

Il nous a semblé utile, avant de poursuivre des recherches et des observations qui, nous l'espérons, auront bien des résultats pratiques, de rapporter dans un même travail l'état actuel du grand vignoble qui nous sert de champ d'études, les habitudes des propriétaires dans la culture, leurs habitudes de vinification; de mettre en regard les observations d'analyse chimique et de dégustation que nous avons pu faire sur leurs vins; de tirer enfin de cette comparaison quelques conclusions pratiques sur les modifications à apporter dans les opérations de la vigne et du cellier. Nous y avons joint quelques aperçus personnels sur la situation économique du commerce des vins, et sur l'avenir qui lui est réservé.

C'est ce travail que nous présentons, dans l'espoir qu'il gagnera à la cause du progrès les propriétaires jaloux de leur prospérité et désireux de maintenir intact le bon renom des vins français.

Il indiquera en même temps l'esprit que l'on doit apporter, à notre avis, dans la direction des stations œnologiques. D'après notre opinion personnelle, ces établissements ne doivent pas se contenter de poursuivre des recherches scientifiques dont les applications sont plus ou moins lointaines. Leur rôle véritablement et immédiatement utilitaire est de donner aux propriétaires les renseignements dont ils peuvent avoir besoin et de faire une propagande active pour répandre dans les campagnes les résultats déjà acquis et les modifications simples et pratiques que tous peuvent faire sans que bien souvent il ne leur en coûte rien.

PREMIÈRE PARTIE

I. — Situation viticole

Le département de l'Aude est l'un des premiers de la France viticole, aussi bien par la surface de ses vignobles que par la quantité de vin qu'il produit, que par la variété même de ses vins.

Lorsque l'on veut rapporter la situation actuelle d'un vignoble quelconque, on est contraint malgré soi de remonter à la crise phylloxérique, cause de tant de bouleversements.

L'Aude n'a été envahi par le phylloxéra que postérieurement aux départements limitrophes, l'Hérault et le Gard. Les viticulteurs ont pu y profiter dans une certaine mesure de l'éducation faite chez leurs voisins. Aussi la reconstitution s'y est-elle effectuée avec moins de tâtonnements : les jacquez, les riparias et les rupestris trouvent dans l'Aude fort peu de porte-greffes qui leur fassent concurrence. Ils ont pu profiter également des cours élevés, résultant de la destruction des vignes de l'Hérault et du Gard, pour vendre un bon prix les produits de leurs vieilles souches. Enhardis par ces cours rémunérateurs, ils n'ont pas hésité à planter de préférence en vignes les prairies et les champs de céréales de leurs plaines, cherchant à produire beaucoup, et le fléau ne les a pas autant surpris. Ce fut la cause principale de la transformation que nous indiquions en commençant du vieux vignoble de coteau en un vignoble nouveau où les plaines sont en majorité.

Une autre cause très importante de cette transformation fut la reconnaissance de l'immunité des vignes submergées. La création de nombreux canaux de submersion et d'irrigation permit de gagner de vastes surfaces sur les marais, de complanter en vignes des terrains très étendus, tous en plaine, où l'on pouvait disposer d'une quantité d'eau suffisante pour défendre des vignes françaises des ravages de l'insecte. Enfin on reconnut également la possibilité de planter des vignes franches de pied dans les terres sablonneuses où le phylloxéra

ne peut pas vivre. De ce fait, une bonne partie des sables qui bordent la mer et les étangs et des surfaces importantes de terres arables d'origines sédimentaires diverses furent gagnées au vignoble et plantées directement avec les anciens cépages.

L'examen des principaux éléments qui influent sur la production du vin va nous permettre de connaître les causes de la grande variété que l'on rencontre dans les vins du département de l'Aude.

Au nombre de ces *facteurs de la production du vin* il faut citer en première ligne : le *climat*, le *terrain*, le *cépage* et les *procédés de vinification*. Nous nous contenterons de voir l'influence de ceux-là, laissant de côté ceux d'ordre plus secondaire, tels que l'exposition, les méthodes de culture, les engrais, etc.

Climat.

Le vignoble qui nous occupe s'étend de la Méditerranée au col de Naurouze, des plus hautes vallées des Corbières aux contreforts de la montagne Noire. Le voisinage de la mer, la situation en plaine ou en coteau, l'altitude, l'orientation des vallées, l'exposition, sont autant d'éléments qui modifient localement l'état hygrométrique de l'air, la température, la direction et l'intensité du vent, la fréquence et la nature des pluies, la direction des nuages de grêle et des orages, l'intensité calorifique et lumineuse des rayons solaires. Or, tous ces facteurs réunis constituent ce qu'on est convenu d'appeler le climat.

Le climat méditerranéen est caractérisé par des températures élevées et par la rareté des pluies ; sur la côte du Languedoc, celles-ci ne sont pas seulement remarquables par leur rareté, mais surtout par leur intensité de chute ; ce sont des pluies d'orage. Les mauvais temps sont beaucoup plus désagréables par le vent que par la pluie.

Si l'on remonte la vallée de l'Aude, le climat méditerranéen conserve ses caractères propres jusqu'aux collines qui coupent la vallée de Fontcouverte et Moux, à Montbrun, Castelnau, Tourouzelle et Argens, forçant la rivière à faire un détour au nord et permettant pour ainsi dire aux Corbières de donner la main aux dernières croupes de la montagne Noire. Au delà, nous entrons dans le bassin de

Carcassonne qui sert de transition entre les deux climats de la Méditerranée et de la Gironde ; il s'étend jusqu'au col de Naurouze et jusqu'aux petites Pyrénées du côté de Limoux et Quillan. La température y est moins élevée ; les nuages venant de l'Océan, qui ont pu traverser le col de Naurouze, sont poussés par le vent de Cers vers la chaîne de collines dont nous parlions tout à l'heure ; arrêtés par ces collines dans leur marche continue, pressés entre l'Alaric et les monts de Caunes, ils se condensent sur la plaine de Capendu, de Moux et sur l'étang de Marseillette. Ce phénomène est si frappant, que la différence de pluie tombée est considérable entre Moux et Lézignan, qui ne sont pourtant éloignés que de quelques kilomètres. C'est là véritablement la limite du Narbonnais.

Le soleil de la Méditerranée rayonne aussi sur les Corbières, mais ici l'altitude apporte son influence spéciale : plus on monte et plus l'atmosphère est pure, le soleil chaud, la radiation nocturne intense ; ces caractères s'introduisent dans ce vignoble avec leurs conséquences.

Les mêmes effets de l'altitude pourront permettre de différencier notablement les vins de la région de Carcassonne de ceux de la région de Limoux.

Terrain.

Après le climat dont les effets revêtent plutôt une allure d'ensemble, le sol par sa composition et par sa nature est certainement le principal facteur de la production végétale.

Il serait beaucoup trop long de décrire ici dans le détail l'immense variété des terres arables qui servent d'assiette au vignoble que nous étudions. Nous nous contenterons de rapporter quelques aperçus généraux, qui suffiront à faire sentir l'influence prépondérante du sol, et les nombreuses trouvailles que son étude nous réserve dans les rapports intimes qui le lient à la production du vin. Nous verrons notamment que c'est lui qui nous permettra de classer les vins de la façon la plus rationnelle ; c'est le facteur principal, celui qui donne son signe au produit.

Nous avons vu que le climat sépare nettement la région des Cor-

bières et celle du Narbonnais du reste du département. Nous avons vu aussi que l'altitude et la situation en coteau du premier vignoble le distinguent du second, remarquable par l'abondance des plaines. Aux Corbières correspondent des terrains de formation ancienne, primaires ou secondaires ; une frange des terrains tertiaires les plus anciens borde seulement le massif au nord et lui sert de transition avec les régions voisines. Le vignoble de Carcassonne et celui de Limoux sont établis presque exclusivement sur les terres détritiques formées par le soulèvement des Pyrénées ; ces terres constituent ce qu'on a appelé précisément l'étage carcassien. C'est à peine si on peut relever dans ces deux vignobles des alluvions ayant une certaine importance et quelques sols d'origine tertiaire plus ancienne en remontant vers Quillan. Ces derniers forment une bande plus étendue au sud de la chaîne montagneuse qui termine les Cévennes; ils donnent au vin des caractères spéciaux qui permettent d'en faire un groupe à part. Enfin, vers son extrémité orientale, cette bande est recouverte d'un manteau de diluvium caillouteux provenant de la montagne Noire et constituant le terroir spécial du Minervois.

Reste le Narbonnais avec ses immenses plaines d'alluvions issues de tous les terrains, salées par endroit du côté de la mer ou des étangs. Elles sont bordées de coteaux d'origine tertiaire plus récente encore qui limitent à l'est le massif des Corbières et se prolongent au sud jusqu'à Leucate. C'est sur ces coteaux que l'on fait les riches vins de coupage, et la nature a mis pour ainsi dire à côté l'un de l'autre le sol qui fait les vins légers de la plaine et celui qui donne les vins les plus colorés, invitant presque le commerce à allier ces deux produits dans ses combinaisons pour présenter au consommateur la boisson parfaite qui doit le satisfaire.

Si l'on poursuit l'étude des vins jusque dans ses détails, on y retrouvera des éléments plus précis de spécification dans les matières minérales, l'abondance ou le défaut du fer, du manganèse, des chlorures, des sulfates, des phosphates, de la potasse; on en trouvera même jusque dans les matières organiques, sels ou produits complexes, tels que les éléments de l'ordre des tannins ou des matières colorantes, dont la composition, encore fort peu connue, se modifie certainement suivant la nature du sol. Les proportions mêmes du

sucre dans le raisin pourront varier dans une certaine mesure, suivant l'abondance ou le défaut de certains éléments nutritifs contenus dans la terre. Toutes ces substances que l'on trouve dans le vin sont par leur nature et par leurs proportions autant de marques d'origine constituant un véritable bulletin de naissance. Il est fort possible qu'un jour vienne où l'on puisse modifier sensiblement le caractère ou la nature d'un vin en apportant à la terre de faibles quantités de tel ou tel des éléments que nous citions tout à l'heure. Déjà on a modifié d'une façon très notable, par un procédé analogue, la composition des terres arables en y apportant des engrais appropriés pour obtenir des récoltes plus abondantes.

Cépages et culture.

Dans la nature du vin, l'influence du cépage est aussi très puissante. C'est peut-être même celle qui se reconnaît le plus facilement à la dégustation. On conçoit en effet que les raisins de cépages différents, ayant une composition et un goût différents, donnent des vins de nature et de goûts divers.

Un point important est à remarquer dans les résultats acquis sur notre vignoble reconstitué. C'est que l'influence du porte-greffe paraît être nulle ou insignifiante sur la qualité des vins produits. Si l'on fait abstraction de l'âge du vignoble, on peut même dire que les vins des vignes américaines greffées sont aussi bons et aussi fins que ceux des vignes franches de pied. Là où le choix du porte-greffe est important c'est surtout dans sa plus ou moins grande facilité d'adaptation au sol, dans sa plus ou moins grande affinité avec le greffon qui doit donner le raisin. Nous avons déjà indiqué les causes pour lesquelles la reconstitution s'est effectuée dans l'Aude avec moins de tâtonnements que dans l'Hérault et dans le Gard. Aujourd'hui les riparias et les rupestris constituent l'immense majorité des porte-greffes employés dans la région; on trouve encore des vignes greffées sur jacquez, notamment dans les pays à sols calcaires où la chlorose a apporté une entrave regrettable à la reconstitution. Il n'est pas inutile de faire remarquer que c'est dans le vignoble de l'Aude que l'on a commencé à combattre cette affection avec succès

par le badigeonnage des plaies de taille au sulfate de fer, méthode recommandée par le docteur Rassiguier. Plusieurs communes entières de la région du Carcassonnais qui touche au Minervois ont vu leur vignoble deux fois reconstitué et ravagé par la chlorose; grâce à cette pratique, il est aujourd'hui sauvé. Signalons encore les louables efforts de plusieurs viticulteurs du département qui ont mis toute leur confiance dans la reconstitution par les hybrides et s'évertuent depuis plusieurs années à les sélectionner.

Les cépages à proprement parler, qu'ils soient francs de pied dans les sables ou dans les plaines submersibles, ou bien qu'ils soient greffés sur une racine américaine, sont eux-mêmes peu nombreux. L'aramon, le carignan, les hybrides bouschet, puis le grenache ont seuls une véritable importance.

L'aramon est le champion des plaines à grand rendement et la chapelle de Saint-Aramon que l'on trouve dans un coin de la Camargue serait aussi vénérée au milieu des submersions de Coursan ou de Narbonne. Malheureusement on a abusé de ce cépage; bien des propriétaires, tentés par l'abondance de ses récoltes, ont planté en aramon de grandes surfaces en coteau. C'est à notre avis une opération regrettable; il faut laisser chaque cépage dans son milieu, et nous en possédons d'autres qui peuvent donner en coteau des récoltes aussi abondantes et susceptibles de plus de qualité.

Le carignan est plus cosmopolite. Il s'adapte davantage au milieu où on le plante: dans les plaines il peut donner au vin le corps et la couleur qui manquent à l'aramon; dans les coteaux il est beaucoup plus avantageux que ce dernier; suivant les terrains, il peut apporter du bouquet ou de la couleur. C'est le cépage des meilleurs vins de la région, c'est aussi celui qui donne les vins de coupage.

Les hybrides bouschet ou plants noirs sont moins anciennement connus. Ils apportent presque toujours avec eux cette âpreté souvent désagréable qui leur est spéciale, mais ils apportent aussi un pouvoir colorant énorme que le commerce apprécie. On reconnaît un peu partout que ces cépages dépérissent attaqués par une maladie peu connue qui les rabougrit et les fait mourir. Ce n'est peut-être pas un mal si l'on se place au point de vue des intérêts généraux de la viticulture. Si les vins de bouschet ont servi au commerce à colo-

rer des vins faibles, ils ont couvert aussi de leur voile épais bien des mélanges qui ne sont pas à l'abri de toute critique et peut-être aussi bien des hectolitres sortis de la rivière. Il est déplorable de voir que des vins de bouschet que l'on a passés et repassés sur leurs marcs pour en augmenter la couleur sont vendus très notablement plus cher que tous les autres, alors que le palais ne peut même pas les supporter, tellement ils sont astringents et désagréables. Leur suppression ne serait qu'un bien, d'autant plus que la couleur qu'ils apportent peut se trouver dans des vins de coteau qui ne sont pas vendus actuellement à leur véritable valeur.

Le grenache ou alicante du pays est l'enfant de la Corbière; c'est le cépage des raisins sucrés et des vins corsés. Il est regrettable qu'il soit si sensible à la coulure. Ce défaut n'est cependant pas sans quelques remèdes qui ont un effet au moins partiel; les tentatives faites en vue de trouver des remèdes plus sûrs sont à encourager, car le grenache est un raisin très précieux, puisqu'il peut apporter à la fois le bouquet, le moelleux et le degré. Dans les Corbières notamment, on mélange le vin de grenache au vin de carignan dont il corrige la rudesse naturelle.

Nous ne nous arrêterons pas aux autres cépages qui ont dans le vignoble trop peu d'importance. Nous ne pouvons cependant passer sous silence la clairette ou blanquette, cépage à raisin blanc qui a servi pendant longtemps à faire un vin mousseux qu'on a presque abandonné et qui est connu sous le nom de blanquette de Limoux.

Il nous est impossible de décrire ici tous les détails des méthodes de culture; les défoncements nécessaires partout pour la bonne végétation de la vigne, les drainages dans les étangs desséchés et dans les plaines où le sel remonte souvent avec tant de ténacité, la taille, l'emploi des engrais, les traitements et les opérations effectués contre les maladies cryptogamiques de toutes sortes, contre les insectes, contre le vent, les labours et les sarclages, les arrosages, seraient autant de titres de chapitres qu'il nous est impossible d'entamer. Toutes ces opérations exercent surtout leur influence sur la végétation des souches et sur l'abondance de la récolte, et nous sommes obligés de nous borner à l'étude de celles qui exercent leur action sur le vin, sur sa nature, sur sa composition, sur ses qualités.

Vinification.

Nous disions en commençant que les procédés de vinification sont encore en général très primitifs. Il faut reconnaître cependant que des efforts ont été faits par certains, aussi bien dans l'installation des celliers que dans les soins de fabrication.

Que l'on parcoure les caves de tout le département et que l'on cherche à donner une opinion sur leur installation et sur leur tenue, on sera obligé de constater, surtout pour les caves petites ou moyennes, que la propreté n'est pas la première de leurs qualités. Trop souvent on trouve une promiscuité révoltante entre les foudres qui contiennent un produit précieux et les animaux les plus divers dont le fumier mal tenu exhale des odeurs fort différentes du bouquet fruité que l'on recherche dans les vins; cellier, basse-cour, écurie, remise, ne sont souvent qu'un seul local, et si l'on joint au cheval de la métairie et aux oiseaux de la basse-cour les araignées, les mouches et les microbes de toutes sortes, on aura une ménagerie complète, depuis les sujets les plus perfectionnés de la classification zoologique jusqu'aux êtres les plus petits et les plus simples de la nature. Nous passons sous silence les sacs de soufre et de sels de cuivre dont les poussières se répandent dans l'air, les petites réserves d'engrais organiques qui font concurrence au fumier, les pots de peinture ou de vernis, toutes sortes de choses qui ne peuvent à coup sur que nuire au goût, au parfum ou à la conservation du vin.

Bien des gens sont absolument convaincus que le vin se fait tout seul, que la fermentation purifie tout et qu'il importe peu qu'on mélange au raisin des feuilles ou de la terre. Il suffit d'introduire la vendange dans des foudres propres ou sales et l'on n'aura qu'à ouvrir un robinet quelques jours ou quelques semaines plus tard pour obtenir un vin qui forcément doit se vendre très cher. Ce n'est pas là une façon de procéder; la nature est plus exigeante et serait assurément trop bonne mère si avec des produits souillés par le contact de toutes sortes de saletés elle nous permettait encore d'obtenir une boisson généreuse et délicate.

Fort heureusement ce tableau un peu noir n'est pas l'image de

toutes les caves et dans chaque village on trouve des exceptions. Certains apportent à la tenue de la vaisselle vinaire et aux opérations de la vendange un peu plus de soin et de propreté.

En général on se contente d'apprécier du regard l'aspect extérieur des raisins pour décider s'il est temps de commencer la vendange, et les propriétaires se comptent qui cherchent à connaître par une manipulation simple si les raisins sont assez sucrés ou s'ils sont encore trop acides. On se laisse guider davantage par ce que fait son voisin. La crainte des inondations ou du mauvais temps est quelquefois un mobile plus sage.

La vendange est récoltée dans des comportes ou dans des tombereaux; le premier système est de beaucoup le plus répandu. Il est dans bien des cas plus commode, surtout pour les petites installations, mais si on le pratique mal, on souille bien souvent la vendange de terre, soit en la tassant dans les comportes, soit en empilant celles-ci les unes sur les autres après les avoir laissées reposer sur le sol.

Dans l'ensemble, les celliers se ressemblent tous par certains caractères; c'est toujours une ou deux rangées plus ou moins longues de foudres plus ou moins grands avec un ou plusieurs pressoirs qui forment la base de tout matériel de cave. Un plancher ou un étage supérieur recouvre les foudres; c'est là qu'on va amener la vendange. Dans les régions de coteaux, on profite de la pente naturelle pour adosser le cellier à un chemin qui soit de plain-pied avec ce plancher. Dans les régions de plaines, on fait souvent des rampes artificielles qui arrivent au même but. Certaines grandes installations emploient des élévateurs à godets mus mécaniquement. Enfin, dans la majorité des caves, qu'elles soient en rase campagne ou dans l'intérieur des villages, on fait monter les comportes au moyen d'une grue ou d'une corde engagée dans une poulie et tirée par un cheval.

Les opérations qu'on fait subir au raisin avant de l'encuver sont très restreintes. Le foulage est généralement pratiqué soit aux pieds soit avec un fouloir à cylindres. Certains propriétaires se dispensent à tort de cette opération. L'égrappage n'est pratiqué qu'exceptionnellement.

Nous arrivons à l'encuvage. Le raisin mis dans les foudres, la



fermentation se déclare peu à peu et est abandonnée à elle-même. Exceptionnellement on rencontre quelques propriétaires qui observent la température de leur vendange en cuve, quelques-uns qui soutirent le moût pendant le cuvage pour le faire remonter au moyen d'une pompe à la partie supérieure afin d'arroser le chapeau et de régulariser la fermentation.

Dans les régions les plus avancées, on a soin de décuver dès que le vin est sec, ce qui varie un peu suivant la richesse saccharine du raisin. Dans beaucoup trop d'endroits malheureusement, on a à ce sujet des habitudes déplorables : on laisse le vin sous marc beaucoup trop longtemps, quelquefois des mois et il faut vraiment qu'il ait bonne constitution pour résister aux ferments de maladie qui se concentrent dans les lies au contact desquelles il reste si longtemps. Il sera d'ailleurs plus utile et plus précis de rapporter le détail des opérations du cellier lorsque nous étudierons les vins par région.

La vente a lieu la plupart du temps dans les premiers mois qui suivent la vendange ; peut-être est-ce la cause du peu de soins qu'on apporte souvent à la conservation du vin ; on le laisse dans le même local où l'on a fait le cuvage, se contentant de faire un seul soutirage et les ouillages indispensables pour éviter la piqûre.

Exceptionnellement quelques propriétaires ont eu soin de faire un local spécial pour la fabrication du vin, une vinerie où l'on fait toutes les manipulations et les opérations diverses que le vin doit subir, laissant aux caves toutes les qualités que doivent présenter des locaux destinés à la conservation d'un liquide aussi susceptible : constance de température, fraîcheur, tranquillité, demi-obscurité.

Telles sont, rapportées aussi brièvement que possible, les conditions qui président actuellement à la fabrication du vin dans l'Aude. Voyons quelles sont les conditions de vente.

II. — Situation économique

Il est peu de denrées agricoles dont le cours subisse autant de fluctuations que le vin et il faut avouer qu'il y a là beaucoup d'aléa pour le viticulteur et pour le négociant.

Un peu gâtés par les circonstances, les propriétaires se sont trop vite habitués aux cours élevés des premières années de la crise phylloxérique ; poussés par un désir très légitime, un certain nombre d'entre eux se plaisent à considérer que ces cours élevés doivent devenir les cours habituels, et toutes les années où les prix leur sont inférieurs sont englobées sous le nom un peu trop généralisé « d'année de mévente ».

Il y aurait vraiment trop d'injustice si des vins de plaine pouvaient se vendre normalement 30 ou 40 fr. Que deviendraient les pauvres cultivateurs de blé qui, par une culture intensive et soignée, font tout juste rapporter à leur terre 400 ou 500 fr. de revenu brut à l'hectare? Ils n'auraient plus qu'à se ruer sur le Midi pour s'emparer de terres aussi privilégiées.

Ce n'est pas que nous méconnaissions la réalité de ce qu'on a appelé la mévente des vins dans certaines années, mais nous voulons prémunir les viticulteurs contre cette tendance naturelle de considérer des cours exceptionnellement favorables comme des cours normaux. Il est certain que, même en faisant la part du défaut de qualité des vins, ceux-ci se sont vendus, telle ou telle de ces dernières années, à des prix tout à fait inférieurs. C'est un devoir de rechercher les causes de cette mévente pour éviter qu'elle ne se renouvelle. Ces causes sont multiples et nous signalerons plus particulièrement : le surcroît de récolte, la concurrence des vins étrangers et les fraudes sous toutes leurs formes.

Du *surcroît de récolte,* il semble qu'il n'y ait rien à dire, puisque le viticulteur retrouve dans la quantité ce qu'il perd du prix de chaque hectolitre. Nous y reviendrons tout à l'heure.

Les *vins étrangers* doivent trouver aujourd'hui dans les droits de douane imposés par notre régime protectionniste une barrière suffisante. Les vins d'Espagne à peu près exclusivement la franchissent encore ; ce n'est d'ailleurs qu'à la faveur du change contre lequel il serait peut-être utile que le législateur cherchât quelques mesures préservatrices, et à la faveur d'une tarificatiou mal comprise qui est une prime au mouillage et à la mauvaise qualité des vins et qu'on s'occupe dès aujourd'hui de modifier.

Les *fraudes* sont infiniment plus dangereuses : d'abord parce

qu'elles sont beaucoup plus nombreuses et aussi parce qu'elles exigent constamment des mesures nouvelles, d'autres fraudes venant à surgir dès qu'on a pu se préserver de celles qu'on a découvertes.

On a appelé vins artificiels toutes les boissons prenant frauduleusement le nom de « vin » qui ne proviennent pas de la fermentation naturelle des raisins frais. Tous ont pour base une matière sucrée plus ou moins fermentescible, et l'on peut déjà distinguer parmi ces matières celles qui proviennent de la vigne, les raisins secs, et celles qui ont une origine différente, fruits frais ou secs, sucres d'origine industrielle.

Les *raisins secs* proviennent presque exclusivement de l'étranger, et il est relativement facile de les arrêter en douane, qu'ils se présentent sous leur forme naturelle ou sous la forme de liquides plus ou moins complexes décorés d'un nom quelconque. Une loi récente n'autorise la circulation et la vente des raisins secs que pour la consommation familiale. C'est une mesure qui préservera la viticulture de cette concurrence.

Certains craignent que cette réserve ne soit dans le mur de défense élevé contre les raisins secs une brèche donnant prise à l'ennemi. La surveillance de la régie peut être assez active, il nous semble, pour que cette crainte soit sans fondement.

D'autres *fruits* que celui de la vigne peuvent donner un jus sucré et fermentescible et il n'y aurait même aucune fraude à fabriquer et à vendre ces liquides comme boissons si on ne les décorait du nom de vin, cherchant ainsi à les faire passer pour tels, qu'ils soient purs ou mélangés de vin naturel. C'est une tromperie sur la nature de la marchandise qui doit tomber sous le coup de la loi aussi bien que la poussière de route qu'on vend comme engrais. Mais les fraudes sont encore relativement peu nombreuses sous cette forme.

Le véritable ennemi du vin naturel au point de vue économique c'est le *sucre d'origine industrielle*. Qu'il vienne de la betterave, qu'il vienne de l'amidon de riz ou de pomme de terre plus ou moins bien saccharifié, qu'il se présente sous forme de glucose ou sous un nom compliqué cherchant à cacher la nature de la substance, le sucre est toujours le point de départ essentiel de toute fermentation alcoolique; c'est toujours aussi, sous sa forme propre

ou sous la forme d'alcool auquel il peut donner naissance, l'élément de toute boisson qui sera le plus facile à saisir et à taxer au besoin. Ces substances sucrées plus ou moins fermentées servent toujours de carte d'entrée à des quantités plus ou moins considérables d'eau ou de piquette dans lesquelles elles sont dissoutes et qu'on fait valoir comme vin. C'est devenu un lieu commun de signaler la différence énorme entre la quantité de vin qui entre à Paris et celle qui y est consommée. C'est que les vins sont sucrés ou alcoolisés avant le passage à l'octroi et dédoublés ensuite avec de l'eau. Il y a donc là une double fraude ; la première comme précédemment est une tromperie sur la nature de la marchandise, puisqu'on fait passer comme vin de raisin une mixture contenant de l'eau et des substances sucrées étrangères à la vigne ; la seconde est une fraude fiscale qui établit une faveur énorme pour les vins artificiels. Le remède indiqué depuis longtemps est la suppression ou la modification des droits d'octroi ; on y travaille, et il faut espérer que le législateur arrivera à une solution. Il est effrayant de voir qu'un vin vendu 20 fr. à Narbonne revient à 45 ou 50 fr. dans la cave du consommateur parisien. La suppression des droits d'octroi serait la suppression des 9/10 de la fraude par vinage et mouillage ; ce serait une hausse très sensible dans le cours des vins.

On vient de voter une loi qui interdit la fabrication des vins artificiels. Les vins de marc et les vins de sucre ne pourront plus se fabriquer pour la vente. Mais ici comme pour les raisins secs le législateur établit une tolérance : il permet aux viticulteurs de faire des piquettes plus ou moins sucrées pour la consommation de leur personnel.

Nous pensons qu'il y a là deux dangers opposés. D'une part, cette tolérance exige de la régie une vigilance continue et nouvelle qui ne sera probablement pas sans défaillance ; il est en effet difficile de surveiller des propriétés qui sont très nombreuses et souvent très éloignées des centres d'habitation et nous craignons que l'administration des contributions n'ait souvent comme recours que l'examen des liquides en circulation. Il faudra donc pouvoir reconnaître d'une façon certaine les vins artificiels et les vins dits naturels. Or, il n'est pas toujours possible de distinguer si l'alcool d'une boisson fermen-

tée provient du sucre naturel de raisin frais, du sucre de raisin sec, du sucre de tel ou tel autre fruit ou d'un sucre industriel. En supposant que nous soyons armés actuellement pour lutter contre la fraude, ce serait l'ouverture des hostilités pour une lutte continuelle entre les chimistes des fraudeurs et les chimistes détrousseurs de fraudes, reculant pour ainsi dire indéfiniment le moment où cette loi pourrait entrer dans la voie certaine de l'application.

D'autre part, l'interdiction absolue de l'emploi du sucre dans la vinification peut avoir des inconvénients : la vendange n'est pas toujours parfaite, elle se présente dans des conditions bien différentes suivant les variations atmosphériques de l'année ; dans certaines régions on aura intérêt à l'améliorer par une addition de plâtre ou d'acide tartrique, ailleurs ce sera par le tannin ou par le sucre. N'est-il pas à craindre que l'interdiction du sucre n'amène bientôt celle d'autres produits qui peuvent souvent améliorer ou sauver une récolte? Ce serait la porte close à bien des progrès dans l'industrie de la vinification.

La question est donc très délicate et très complexe. Le projet que vient devoter le Parlement est une solution qu'il était difficile de faire meilleure. Nous espérons qu'on en restera là et que la nouvelle loi, malgré ses lacunes, aura un effet appréciable; mais nous sommes porté à penser que la régie sera bien souvent amenée à des saisies et à des expertises dans lesquelles le chimiste ne pourra pas toujours lui rendre les services qu'elle désirerait. Celui-ci aura beaucoup à perfectionner ses méthodes d'investigation et c'est là une œuvre difficile dans laquelle le temps est un facteur qui n'est pas négligeable.

Voici ce qui est arrivé pour les vins mouillés : le mouillage n'est facilement reconnaissable que dans les pays de production, où les vins sont saisis à la propriété ou en cours de route ; il est alors facile d'en connaître l'origine et d'avoir des points de repère. Dans les centres de consommation au contraire, là où le mouillage se pratique en plus grande abondance, cette falsification est à peu près impossible à déceler, et les contradictions des experts ont amené la régie et les tribunaux à renoncer, ou peu s'en faut, à toute poursuite de ce genre. Nous souhaitons que la même chose n'arrive pas pour

les vins de sucre ou vins de marc. Dans un cas comme dans l'autre, il est à désirer que les magistrats obligent les délinquants à prouver, livres en mains, l'origine des vins poursuivis. Ce sera toujours pour l'expert une indication précieuse.

Nous ne parlerons pas des frais de transport qui constituent aussi pour le vin de très grosses charges et qui sont une source inépuisable de discussions. Certaines régions sont bien défavorisées à cet égard et l'on cite telle commune des Corbières dont les vins ne peuvent se transporter à Narbonne qu'au prix de 2 fr. par hectolitre : c'est 2 fr. de moins pour le prix du vin. Il serait désirable qu'on procédât dans ces régions à l'établissement de moyens de transport plus perfectionnés.

La situation économique n'est pas actuellement mauvaise. La France peut trouver chez elle et en Algérie tous les genres de vins, elle peut se suffire à elle-même, demeurer maîtresse de son marché et il faut même espérer que, la reconstitution des vignobles se poursuivant, elle pourra se créer à l'étranger des débouchés importants.

La concurrence envahissante des vins artificiels peut avoir une fin. Nous pensons que la loi qui vient d'être votée par les Chambres contribuera à la hâter. La modification ou la suppression des droits d'octroi sur les vins achèverait certainement de supprimer cette concurrence.

Laissons les espérances et voyons quelles sont actuellement les exigences du commerce.

Exigences du commerce.

Le commerce est l'interprète indiqué du consommateur et ses exigences ne sont ou ne doivent être que le reflet des désirs de la clientèle. Aussi le viticulteur a-t-il intérêt à les satisfaire par des modifications peu coûteuses à ses habitudes.

Les exigences du commerce varient suivant la région, suivant le genre de vin qu'il demande et l'usage qu'il peut en faire.

On peut distinguer deux groupes de vins bien différents :

Ceux qui peuvent par leur nature être livrés directement à la consommation et ceux qui demandent à être modifiés par des coupages

savamment compris avec d'autres vins avant d'être livrés à la clientèle.

Les premiers doivent réunir toutes les qualités d'un bon vin naturel : couleur franche, limpidité, mobilité, parfum agréable, vineux ou fruité ; à la dégustation ils doivent être francs de goût, avoir du corps et ils peuvent même présenter certains caractères spéciaux de bouquet ou de moelleux.

Les seconds au contraire doivent être neutres de goût afin de pouvoir s'assimiler dans les coupages. Tout goût de terroir, serait-il agréable, les déprécie. Ils doivent montrer à l'œil et à l'odorat les mêmes qualités que les premiers. On peut les diviser en deux classes : 1° les vins légers de plaine ayant peu de degré et peu de couleur mais frais, nerveux et possédant cette verdeur de fruit qui est leur principale qualité et qui est aussi l'une des principales garanties de bonne tenue et de bonne conservation ; 2° les gros vins, particulièrement appelés vins de coupage, riches en alcool et en couleur. Les deux se complètent et donnent généralement par un mélange bien proportionné de bons vins de table se rapprochant de ceux du premier groupe. C'est le rôle du commerce de rechercher les associations ou les coupages qui satisfont le mieux les goûts du consommateur.

Les vins du premier groupe se rencontrent surtout dans les coteaux. Ils sont la majorité dans les régions de Carcassonne et de Limoux. Les vins légers et verts de fruits sont produits exclusivement dans les plaines. Les gros vins ou vins de coupage se trouvent surtout dans les Corbières et sur les coteaux qui les limitent à l'est. Ils ont à subir la concurrence des vins d'Espagne et celle des vins de bouschet qu'il serait désirable de voir disparaître.

Dans tous les cas, que le viticulteur cherche à produire un vin qui puisse se consommer immédiatement ou que les conditions dans lesquelles est établi son vignoble lui commandent de faire des vins légers ou des vins corsés propres aux opérations du commerce, il doit toujours observer, pour satisfaire les exigences du négociant ou du consommateur, certaines règles générales ou certaines précautions propres à donner à son vin son maximum de valeur marchande. Ce sont celles que nous allons rapporter maintenant.

III. — MEILLEURES CONDITIONS DE VENDANGE ET DE VINIFICATION

La fabrication du vin peut se diviser en trois périodes distinctes :

La première comprend la cueillette du raisin et les opérations qu'on lui fait subir avant l'encuvage. C'est une période de *préparation.*

La deuxième est à proprement parler la période de *fabrication :* c'est le *cuvage,* pendant lequel s'effectuent simultanément deux opérations distinctes : la *fermentation* et la *macération.*

La troisième période est une période de *conservation.* Elle comprend les manipulations que l'on fait subir au vin fait pour lui donner toutes ses qualités ou pour l'empêcher de s'altérer. On peut y joindre l'utilisation des produits secondaires de la fabrication : pressurage des marcs, confection des piquettes, etc.

Période de préparation.

L'*époque de la vendange* doit être choisie avec beaucoup de soins, de façon qu'il y ait un juste équilibre dans le raisin entre le sucre qui donne l'alcool et l'acidité qui assure au vin sa bonne tenue et sa bonne conservation. Il y aurait intérêt à ce que les propriétaires soient fixés d'une façon plus nette sur les proportions qui doivent exister entre ces deux éléments dans le raisin bon à cueillir. Elles varient pendant la durée de la vendange, mais elles peuvent se modifier artificiellement. Elles varient aussi suivant les régions et suivant les vins qu'on veut produire. Dans les plaines où l'on craint les inondations et où la verdeur de fruit est surtout recherchée, il y a intérêt à vendanger de bonne heure. Pour les vins de coupage, au contraire, on aura plus d'alcool et plus de couleur en vendangeant tardivement et on devra ajouter au besoin de l'acide tartrique, si l'acidité n'est plus suffisante. D'ailleurs cet acide ajouté à la vendange ne fait que rendre la liberté à certains acides naturels qui donnaient au raisin, quelques jours avant, sa verdeur de fruit et qui ont été neutralisés pendant la maturité par d'autres substances minérales. Cette addition d'acide tartrique a donc une limite au delà

de laquelle il en resterait à l'état libre dans le vin et on le sentirait à la dégustation. D'après nos essais, cette limite peut varier de 100 à 150 gr. par hectolitre dans les raisins très mûrs. Il existe des instruments simples et commodes qui permettent aux viticulteurs de se rendre compte de l'acidité et de la richesse en sucre de leur vendange et il est à désirer que leur emploi se généralise.

La fabrication du vin étant un phénomène physiologique dans lequel c'est un être vivant, la levure, qui joue le rôle principal, il importe que cette levure ne soit pas gênée par la présence d'autres ferments plus ou moins rapaces, et on devra autant que possible éviter leur présence. Pour cela il faut apporter tous les *soins de propreté* désirables, aussi bien dans les manipulations de la vendange que dans la préparation des récipients qui doivent la recevoir. Les moisissures, la terre apportent toujours avec elles des germes de maladie ou des goûts particuliers qui peuvent altérer le vin. De plus, le mélange de terre à la vendange peut neutraliser en partie son acidité si elle est tant soit peu calcaire, et nous avons vu que l'acidité est un élément de première importance.

Le raisin arrivant au cellier, il est essentiel de faire un *bon foulage*. Par cette opération le moût absorbe de l'air qui contribue au goût du vin et qui facilite la multiplication des levures dont les germes sont répandus sur les pellicules des grains de raisin. Par suite de la division ainsi pratiquée dans la vendange, on obtiendra encore une fermentation plus courte et plus rapide, une macération plus régulière et une meilleure dissolution de la matière colorante.

Période de fabrication.

Le cuvage doit s'opérer d'une façon régulière et uniforme dans chaque foudre ou dans chaque cuve. Il faudra donc proportionner le personnel à la vigne ou la quantité de vendange rentrée par jour à la dimension des vases vinaires, de façon à les remplir chacun en une journée ou deux au plus et que de la vendange fraîche ne vienne pas à être ajoutée dans un foudre contenant du vin déjà presque entièrement fait.

Puisque la fermentation est l'œuvre d'un être vivant, la levure, il

faut faciliter au maximum ses exigences. La levure demande pour son meilleur développement les conditions suivantes :

1° *Présence de l'oxygène de l'air* au début de sa multiplication ; nous avons vu que cette condition est remplie par le foulage.

2° La *température* la plus favorable est de *25 à 35°*.

3° La levure demande en outre une *certaine acidité* dans le milieu où elle se développe. Nous avons vu aussi comment on pouvait modifier l'acidité de la vendange.

4° Enfin il faut que le sucre, qui est l'aliment préféré de la levure, soit le plus possible à sa portée et par conséquent que la vendange soit bien divisée. Cependant lorsque cet élément est en trop grande abondance il joue vis-à-vis des ferments le rôle d'anesthésique. La pratique a montré, en effet, qu'avec des moûts trop sucrés la fermentation s'alanguit presque indéfiniment et qu'on obtient des vins qui restent doux.

On devra donc pendant le cuvage prendre au besoin le moût en fermentation à la partie inférieure du foudre pour le remonter au moyen d'une pompe et le répandre à la surface du chapeau. De cette façon on pourra rendre le milieu plus homogène et satisfaire la quatrième condition que nous venons d'indiquer.

On devra surtout surveiller la température ; il est très fréquent, même pendant les temps froids comme ceux qui ont présidé à la dernière vendange, d'observer dans les foudres des températures supérieures à 35° ; elles atteignent quelquefois 40°. Dans ces conditions, la levure souffre et fermente mal ; elle donne moins d'alcool et davantage de produits secondaires peu utilisables ou nuisibles et elle laisse le champ libre aux mauvais ferments qui préfèrent ces températures élevées et peuvent dès lors altérer le vin.

Le *remontage du moût* que nous indiquions tout à l'heure peut déjà régulariser la température qui est ordinairement plus élevée dans le chapeau que dans le bas du foudre. Mais il est souvent indispensable d'opérer un *refroidissement artificiel du moût* en intercalant un réfrigérant quelconque entre le foudre et la pompe quand on fait le remontage. Cet appareil peut être très simple : il suffit souvent d'aspirer le moût à travers un tuyau métallique qui plonge dans l'eau froide.

La *macération* n'est autre que la dissolution de certaines substances qui se trouvent dans les parties solides du raisin : la matière colorante, les tannins, la crème de tartre, les substances minérales, etc... Les pratiques que nous venons d'indiquer, le remontage du moût en particulier, facilitent cette macération en mettant davantage les parties solides en contact avec le liquide. L'immersion du chapeau que l'on fait dans certaines caves doit surtout se pratiquer lorsque la durée du cuvage est très réduite.

On doit *décuver dès que la fermentation est terminée* et que le vin est sec, c'est-à-dire qu'il marque zéro au pèse-moût. Si on le laisse davantage dans la cuve, il peut s'altérer, pris pour ainsi dire entre deux ennemis : en haut, le chapeau de la vendange qui peut s'aigrir et communique dans tous les cas au vin un goût de râfle ou de terroir, résultat d'une macération trop prolongée ; en bas, les lies qui, non seulement peuvent donner au vin un goût désagréable, mais qui contiennent en outre beaucoup de mauvais ferments qui peuvent commencer leur action maintenant que la levure a fini la sienne. Nous insistons sur ce point, les cuvages trop prolongés ayant dans beaucoup de cas leur répercussion sur la qualité des vins dans l'Aude.

Période de conservation.

Les soins de conservation qui suivent le décuvage sont surtout l'ouillage et les soutirages. L'*ouillage* est indispensable pour éviter la piqûre qui se met très communément dans les vins lorsqu'on néglige de faire le plein. Les *soutirages* permettent de séparer les vins de leur lie. Le premier doit être opéré le plus tôt possible, dès que la fermentation secondaire est terminée, un mois ou deux au plus tard après le décuvage. Il ne faut pas craindre de répéter ces soutirages le plus souvent possible ; ils développent toujours la finesse et le brillant des vins. Nous ne dirons rien des autres soins de conservation, le filtre et les collages n'étant usités que dans des cas particuliers. Nous ne dirons rien non plus des opérations que l'on pratique sur les résidus de la fabrication, notre intention étant surtout d'insister sur les soins généraux à apporter dans la fabrication du vin. Ajoutons seulement que les vins de presse susceptibles

d'apporter plus facilement des goûts désagréables et se trouvant aussi plus difficiles à clarifier, on aura avantage à les mettre à part, à les soutirer plus souvent et à les mélanger seulement aux vins de goutte lorsqu'ils sont limpides, chaque foudre pouvant recevoir son vin de presse proportionnellement à sa contenance.

Telles sont, dans leurs grandes lignes, les règles que l'on doit suivre à la vigne ou au cellier. A chacune d'elles correspond un défaut particulier du vin lorsqu'on ne l'a pas observée : le manque de propreté, le mélange de terre à la vendange, le contact trop prolongé du vin avec ses lies, facilitent la multiplication des mauvais ferments et l'apparition des maladies correspondantes. Le manque d'acidité donne des vins plats qui peuvent casser et dans lesquels la matière colorante insuffisamment fixée peut s'altérer, noircir ou se précipiter. Le contact trop prolongé du vin et du marc peut donner un goût de rafle ou un goût de terroir ; une température trop élevée pendant le cuvage donne souvent des vins qui tournent, plus ou moins acidules, des vins mannités, des vins qui restent doux et qui prennent facilement la piqûre, des fermentations qui s'éternisent, etc...

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DES VINS DE LA RÉCOLTE 1895

Nous allons pouvoir maintenant examiner les échantillons de vin recueillis à la propriété dans les différentes régions du vignoble de l'Aude après la vendange 1895, et nous allons voir comment nous pourrons relever les qualités et les défauts de ces vins en les soumettant au contrôle de la dégustation et de l'analyse chimique. Il nous sera possible ensuite de remonter de l'effet à la cause et d'indiquer quelles sont celles des règles précédentes qu'on a omis d'observer et qui pourront remédier dans l'avenir à ces défauts.

Contrôle de la dégustation et de l'analyse.

Il importe d'abord que nous connaissions la valeur de nos deux instruments de mesure et ce qu'ils peuvent nous donner.

La *dégustation* est le procédé le plus en cours dans le commerce lorsque l'on veut apprécier un vin. C'est d'ailleurs le seul moyen qu'emploie le consommateur pour se rendre compte si le vin qu'on lui vend lui plaît. Aussi le négociant mesure-t-il presque exclusivement à son palais les qualités ou les défauts de la marchandise, cherchant à se rendre compte si elle pourra plaire à sa clientèle ou si elle pourra jouer le rôle qu'il désire dans tel coupage ou dans telle combinaison qu'il a en vue.

Comme nous l'avons déjà indiqué, il y a dans la dégustation l'action de l'œil, de l'odorat et du goût, c'est-à-dire l'appréciation de la robe, du parfum et de la saveur. Tous trois doivent être agréables et s'allier harmonieusement.

Dans notre travail nous ferons en sorte d'employer la dégustation pour apprécier les vins dans leurs rapports avec les exigences du commerce, et de relever les désaccords.

Mais si la dégustation nous permet de percevoir un défaut déterminé, l'analyse chimique pourra peut-être nous indiquer que ce défaut tient à l'excès de tel élément ou au défaut de tel autre dans le vin. Or, nous savons comment ces deux éléments en défaut ou en excès ont été introduits. Par exemple, un vin plat que nous reconnaissons à la dégustation se révèle à l'analyse comme manquant d'acidité; nous savons que l'acidité s'introduit dans la cuve avec la vendange elle-même : c'est à ce moment-là qu'il aurait fallu ajouter une acidité artificielle par une addition d'acide tartrique ou de grapillons, la vendange ayant été cueillie trop mûre.

De même, la dégustation nous révèle qu'un vin est astringent, âpre, qu'il a ce qu'on appelle le goût de rafle; l'analyse montre que ce vin a une richesse excessive en tannin, en crème de tartre et avec cela beaucoup d'extrait et de matière colorante. Tout cela est dû à une macération trop prolongée, puisque c'est par la macération que ces substances entrent dans le vin. Il faudra donc diminuer la durée du cuvage. Et ainsi de suite.

C'est un des multiples sujets d'études et non des moins intéressants que doit poursuivre le chimiste œnologue de rechercher ces relations entre les indications de la dégustation et les opérations de la vendange et du cellier.

Dans cette étude, il est frappant que l'analyse chimique est un intermédiaire très utile qui donne souvent la clef du problème.

Dans les différents dosages que l'on opère généralement dans les vins, il y a lieu de faire une distinction. Certains éléments sont chimiquement déterminés et peuvent se doser d'une façon précise; ce sont les plus nombreux : l'alcool, l'acidité, les matières minérales ou cendres, le sulfate de potasse, la crème de tartre, le sucre réducteur, la glycérine, etc. D'autres n'ont qu'une existence purement conventionnelle et leur proportion varie d'une façon très sensible suivant le procédé employé pour les doser. Ce sont : l'extrait sec, les tannins, la matière colorante, etc.

Chacun de ces éléments réels ou conventionnels peut donner des indications sur la nature du vin, sur ses qualités ou sur ses défauts. C'est ainsi que la richesse en alcool correspond à ce que les dégustateurs appellent des vins corsés; la faiblesse en cet élément donne au contraire des vins légers. Lorsque l'acidité est grande, on a un vin vert; si elle manque, il est plat. Les cendres, la crème de tartre contribuent, avec la matière colorante, le sucre et les tannins, à augmenter l'extrait sec et à donner au vin du corps ou du plein. La glycérine est un élément conservateur qui contribue beaucoup au bouquet des vins, ainsi qu'au moelleux. La surabondance des tannins développe l'astringence ou l'âpreté.

En dehors de ces indications, qui ont une répercussion directe sur les qualités organoleptiques, l'analyse chimique peut encore nous fournir des renseignements précieux sur les garanties de bonne conservation que peut offrir le vin que l'on étudie. Pour qu'un vin garde toutes ses qualités de bonne tenue, il faut qu'il y ait un certain équilibre entre les éléments qui le composent. L'observation des rapports pondéraux de ces éléments nous éclairera sur ce point particulier, en même temps qu'elle pourra nous dévoiler certaines opérations frauduleuses.

La matière colorante, les tannins, les substances albuminoïdes,

qui sont des corps tout à fait instables, changent de composition au fur et à mesure que le vin vieillit. La matière colorante peut se précipiter, rendre le vin louche et le noircir si l'acidité du vin est insuffisante et ne peut la maintenir en solution. La crème de tartre, si elle est trop abondante, peut se précipiter et rendre le vin louche sous l'influence de certaines variations de température. Le défaut de tannin ou la trop grande abondance de matières albuminoïdes pourra occasionner une précipitation partielle de ces dernières, rendre le vin nuageux et impropre à tout coupage. Une analyse bien faite permet souvent de prévoir ces accidents.

D'autre part, les rapports en poids ou en volume de l'alcool, de l'acidité, de la glycérine, de l'extrait sec permettent de reconnaître dans une certaine mesure le mouillage, le vinage, l'addition de piquettes, etc.

Mais ce que la dégustation reconnaît et que l'analyse ne peut dévoiler d'une façon suffisante, ce sont certaines qualités organoleptiques, le bouquet, le moelleux, la finesse, ce que nous appellerons volontiers des qualités de luxe ; elles sont dues la plupart du temps à des proportions choisies d'alcool, de glycérine, d'acides fixes ou volatils, favorisant la formation d'éthers, d'aldéhydes qui ont un goût ou un parfum précieux. La dégustation a encore cette supériorité sur l'analyse chimique de déceler des goûts défectueux, goût de terroir, goût de bois, goût de moisi, provenant toujours d'opérations ou de manipulations mal faites.

Si donc l'analyse chimique peut préciser dans bien des circonstances des défauts ou des qualités que la dégustation n'apprécie que d'une façon imparfaite, si surtout elle peut indiquer leur cause ou leur origine, elle ne peut pas cependant se passer du secours de la dégustation. L'une et l'autre se complètent mutuellement.

Nous n'insisterons pas davantage sur l'utilité que l'on pourra tirer d'observations raisonnées et parallèles sur la dégustation et l'analyse des échantillons que nous allons examiner, mais nous dirons auparavant à quelles méthodes d'analyse nous nous sommes arrêté.

Nous donnerons pour chaque échantillon de vin autant que possible :

1° Son origine;

2° La nature du terrain;

3° La nature du cépage;

4° Sa densité;

5° Son degré alcoolique, déterminé par la méthode de distillation; les indications que donne l'ébullioscope, appareil plus couramment employé dans le commerce, sont toujours exagérées : la différence entre les indications des deux méthodes varie ordinairement de 0°,5 à 0°,8;

6° L'acidité totale, évaluée en acide sulfurique par la méthode de Pasteur;

7° L'extrait sec à 100°, déterminé par la méthode officielle du comité des arts et manufactures;

8° Les cendres ou matières minérales;

9° Le sulfate de potasse, intéressant à cause du plâtrage des vins;

10° La crème de tartre, déterminée par le procédé Pasteur modifié;

11° Les tannins ou matières astringentes, déterminés par leur précipitation au moyen d'une solution titrée de gélatine;

12° Le sucre, réduisant la liqueur de Fehling;

13° La déviation polarimétrique;

14° La coloration, indiquée par le vinocolorimètre de Salleron. Cette indication, fort peu précise, n'est actuellement qu'un pis aller;

15° La somme alcool + acide, pouvant donner une indication au sujet du mouillage;

16° Les indications de la dégustation.

Nous n'avons pas donné le dosage de la glycérine, qui est fort long.

De toutes ces indications, la plupart sont assez précises; mais pour certaines, nous n'avons que des points de repère insuffisants. Le dosage des matières astringentes, notamment, et l'appréciation de la coloration demandent à être perfectionnés.

Le vin est un liquide tellement complexe et tellement susceptible de changements qu'il est presque impossible de supposer qu'on puisse arriver un jour à en faire l'analyse complète et détaillée d'une

façon parfaite. Le congrès international de chimie, en rapprochant les méthodes d'analyse des vins de celles qu'on emploie pour d'autres liquides beaucoup plus simples et beaucoup plus fixes, déclarait à Paris, il y a quelques mois, qu'aucune des méthodes actuelles n'autorise une confiance sans bornes. Nous ajouterons cependant que si les méthodes employées ne sont pas absolues, les résultats qu'elles donnent sont comparables; et tous les procédés, fussent-ils approuvés par les comités les plus savants des ministères et de l'Institut, seront toujours susceptibles de changement. Les mesures de longueur et de contenance qu'employaient nos pères ne sont plus dans notre système métrique; elles leur ont pourtant servi bien longtemps dans les usages commerciaux. Il en est de même des méthodes d'analyse chimique : ce sont des méthodes conventionnelles de mesure d'alcool, d'extrait sec ou de crème de tartre ; ces mesures peuvent varier d'un laboratoire au voisin, comme la sétérée ou le boisseau varient d'une commune à l'autre. Si l'entente est désirable dans un ordre d'idées comme dans l'autre, elle n'est pas des plus faciles. On y travaille, mais en attendant la solution, il suffit que nous connaissions la valeur de nos méthodes, puisqu'elles donnent des résultats comparables.

Ce travail, tout en nous permettant d'apprécier les vins que nous y étudions d'après les observations antérieures faites avec ces mêmes méthodes, peut en même temps nous donner l'occasion d'en vérifier l'exactitude.

CLASSIFICATION DES VINS

Nous avons introduit dans ce travail 216 échantillons de vins, dont 20 ont été recueillis par nous-même directement au foudre chez le propriétaire; 125 nous ont été remis par la Société centrale d'agriculture de l'Aude, qui les a fait prélever spécialement par un de ses agents; enfin, 71 nous ont été remis par le comice agricole de Narbonne. Ceux-ci et les précédents constituent les doubles des vins

envoyés à l'exposition du concours général agricole à Paris, en 1896.

De tous ces échantillons, 180 sont de la récolte 1895, et 36 des récoltes antérieures.

Il s'agit d'abord de classer ces vins.

En parlant du climat et du terrain, nous indiquions que ces deux facteurs constituent la base essentielle de la classification des vins; nous allons voir que la classification commerciale cadre avec celle à laquelle nous serons amenés, au moins dans ses grandes lignes.

Les négociants distinguent généralement parmi les vins de l'Aude 5 grandes classes :

1° Les *narbonnes,* comprenant :

Les *narbonnes plaine* ou petits narbonnes, ou vins de Coursan;

Les *narbonnes demi-montagne,* ce sont les vins des premiers talus;

Les *narbonnes montagne,* qui correspondent aux coteaux du Narbonnais;

Les *narbonnes premier choix* ou premiers narbonnes, ce sont des vins de coupage;

2° Les *corbières,* comprenant en un seul bloc tous les vins du massif de Thézan à Tuchan, du val de Dagne à Portel;

3° Les *minervois;*

4° Les *carcassonnes,* comprenant tous les vins du bassin de Carcassonne jusqu'à Conques et Montolieu d'une part, jusqu'au confluent du Lauquet et de l'Aude au sud;

5° Les *limoux,* comprenant tous les vins du bassin de Limoux, au sud de la région précédente.

Cette classification, très rationnelle dans ses grandes lignes, a cependant des points faibles. Nous en conservons les divisions essentielles.

Nous avons dit que le climat distingue nettement le département en deux parties : le climat de Carcassonne et le climat méditerranéen. L'altitude permet de distinguer dans celui-ci les narbonnes des Corbières et, dans les premiers, les limoux des carcassonnes. Enfin, c'est grâce à un terroir agréable, dû à un terrain particulier, qu'on peut distinguer les minervois des carcassonnes.

Vins de Narbonne.

1° Les *narbonnes plaine* ou *petits narbonnes* sont les vins qui sont produits par les vignes submergées qui recouvrent les alluvions récentes de l'embouchure de l'Aude, depuis Sallèles, Cuxac et Coursan jusqu'à Salles, Fleury et la mer d'une part, jusqu'à Narbonne et Mandirac de l'autre;

2° Les *narbonnes demi-montagne* du commerce recouvrent les alluvions anciennes de l'Aude ; ils se produisent surtout dans la basse plaine d'Ouveillan, de Mirepeisset, du Sommail, de Saint-Marcel, de Canet, Marcorignan, Villedaigne, jusqu'à Lézignan ;

3° Les *narbonnes montagne* correspondent aux vignes plantées en coteau sur les terrains tertiaires d'Ouveillan, de Bize, de Mailhac, d'Argeliers, de Ginestas, de Sainte-Valière, de Ventenac, de Paraza, d'Argens et jusqu'à Conilhac et la partie haute de Lézignan. Il faut y ajouter les coteaux tertiaires de Marcorignan, de Moussan et du Quatourze, ainsi que ceux qui bordent la Clape, de Moujan et Vinassan jusqu'à Salles et Fleury;

4° Les *narbonnes premier choix,* appelés encore gros narbonnes ou vins de coupage, se produisent sur les pentes tertiaires, plus particulièrement calcaires, qui bordent les étangs de Bages, Peyriac, Portel et Sigean jusqu'à Lapalme et Leucate. Les plaines d'alluvions de ces communes donnent des vins plus légers qui se rapprochent de ceux des deux premiers groupes.

Les commerçants ont l'habitude de joindre aux narbonnes premier choix les vins de Roquefort, de Treilles et de Fitou, qui peuvent servir d'intermédiaires entre les narbonnes premier choix et les vins des Corbières. D'ailleurs ils appartiennent plutôt à ce dernier groupe par leurs qualités et par la nature des terrains.

Vins des Corbières.

Dans le massif des Corbières, on peut distinguer nettement les terres d'origine crétacée ou jurassique, qui donnent des vins d'un

bouquet particulier que nous réunirons sous le nom de *vins des basses Corbières*. On les produit dans les communes de Montredon, Névian, Ornaison, Bizanet, dans le massif de Fontfroide, sur les territoires de Boutenac, de Saint-André, Montserret, Thézan, Portel et dans la Clape.

Les terrains des communes de Villesèque, Durban, Saint-Jean-de-Barrou, Fraisse, Embres et Feuilla participent à la fois du jurassique, du trias et des schistes primaires; ils donnent des vins qui possèdent les qualités afférentes à ces trois terrains; Treilles et Fitou seraient certainement mieux à leur place dans ce groupe. Nous y joindrons Cascastel et Villeneuve, où l'on produit presque exclusivement des vins sur des terres de schistes, pour former le *groupe des hautes Corbières*.

Tuchan et Paziols, par leurs terrains, leur altitude, leur exposition, se rattachent davantage aux vins de Vingrau, de Tautavel et de Maury; on pourrait y joindre les régions de Maisons et de Padern qui, d'ailleurs, produisent fort peu. Nous en ferons le groupe des *Corbières du Roussillon*.

Les vins de Tourouzelle, qui sont produits par des terrains nummulitiques analogues à ceux de Montlaur et du val de Dagne, analogues aussi à ceux de Saint-Laurent et des coteaux de Ribaute, Camplong et Fontcouverte, doivent former avec ceux-ci un groupe à part sous le nom de *vins des Corbières carcassonnaises*. Ce terrain nummulitique borne en effet sur ses versants nord, est et ouest le contrefort le plus avancé des Corbières, le mont Alaric.

Vins du Minervois.

Le Minervois est cette région caractérisée par un diluvium spécial descendu de la montagne Noire et arrêté par les derniers dépôts issus du soulèvement des Pyrénées. Ce diluvium participe des terrains anciens qui lui ont donné naissance; il s'étend au nord d'Azille et de Pépieux et sur les communes de Minerve, Cesseras, Siran, la Livinière, Rieux et Peyriac-Minervois et sur une partie des territoires de Trausse, de Félines et de la Redorte. Il repose sur une bande de terrains garumniens et nummulitiques qui borde la

montagne Noire. Les vignes plantées dans ces derniers terrains donnent des vins d'une nature spéciale ; on pourrait à la rigueur les rattacher aux minervois, mais il serait plus rationnel d'en faire un groupe spécial sous le nom de *vins de la montagne Noire*. Ces vins sont produits dans les communes de Trausse, Caunes, Villeneuve-les-Chanoines, Villegly, Conques, Aragon, Montolieu, Moussoulens et Saint-Martin le-Vieil. Certains négociants rattachent aux minervois les vins d'une région bien plus étendue, comprise au nord de l'Aude, entre Villegly et l'étang de Marseillette ; les communes les plus productives de cette région sont Laure, Rustiques, Badens, etc. ; on y comprend aussi Castelnau, Tourouzelle, Escales, Puichéric. C'est, à notre avis, une classification fausse ; les vins de Villegly, Rustiques, Badens, Laure, Castelnau, n'ont pas le cachet minervois et doivent être assimilés aux vins de Carcassonne.

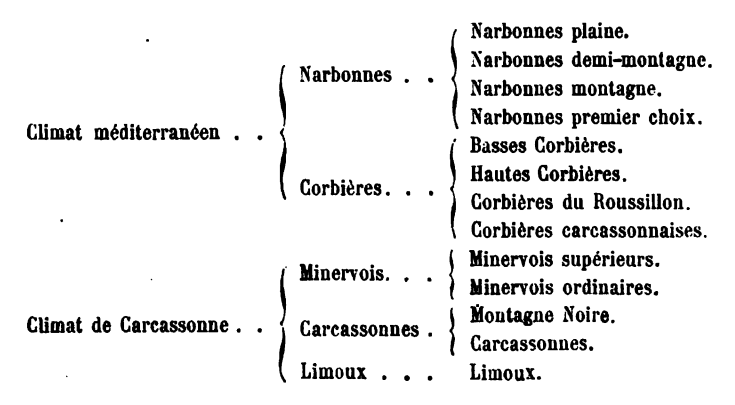
Vins de Carcassonne.

A part les alluvions du Fresquel, celles de l'Aude et de l'étang de Marseillette, la région de Carcassonne est entièrement formée de terrains détritiques qui ont été transportés à la suite du soulèvement des Pyrénées, et qui s'étagent en coteaux de natures diverses au sud de la montagne Noire. Dans l'ensemble ces terrains donnent des vins de caractères assez semblables.

Vins de Limoux.

L'altitude qui donne généralement des vins plus tendres et peut-être aussi le terrain dont les éléments sont beaucoup plus grossiers permettent de distinguer des précédents la plus grande partie des vins de Limoux, où l'on trouve souvent un bouquet spécial. Ce n'est que du côté de Couiza ou de Quillan que l'on retrouve des terres nummulitiques ou crétacées, donnant aux vins les mêmes caractères que ceux de Montlaur ou de Saint-André. Ces vins sont d'ailleurs peu abondants.

Voici, d'après ces données, le tableau qui résume la classification des vins de l'Aude :



Climat méditerranéen . .	Narbonnes . .	Narbonnes plaine.
		Narbonnes demi-montagne.
		Narbonnes montagne.
		Narbonnes premier choix.
	Corbières. . .	Basses Corbières.
		Hautes Corbières.
		Corbières du Roussillon.
		Corbières carcassonnaises.
Climat de Carcassonne . .	Minervois. . .	Minervois supérieurs.
		Minervois ordinaires.
	Carcassonnes .	Montagne Noire.
		Carcassonnes.
	Limoux . . .	Limoux.

I. — NARBONNES PLAINE. NARBONNES DEMI-MONTAGNE

Situation viticole.

Nous avons indiqué quelles sont les régions qui donnent ces deux genres de vins : ce sont les basses plaines et les premiers talus, ayant eux-mêmes une allure de plaine plus élevée.

Ces deux vignobles sont du climat méditerranéen; plus que tous les autres, ils sont sensibles à l'influence des pluies.

Les temps clairs au soleil chaud et les vents secs du nord causent souvent quelques accidents de végétation : dessiccation des rameaux les plus tendres, folletage, etc. Lorsque approche la vendange, ils précipitent la maturité et, s'ils prédominent, celle-ci ne s'effectue pas d'une façon normale; les éléments constitutifs du raisin ne gardent pas leur équilibre et l'on peut avoir dans les vins des altérations graves; il semble que la casse des vins, l'instabilité de la matière colorante soient dues à ces causes.

Les temps couverts et les vents marins, au contraire, ralentissent la maturité ; mais il semble que ce soient là de bonnes conditions de formation du fruit. De plus, les raisins se gorgent d'eau, deviennent turgescents, et cet afflux d'humidité, tout en augmentant la récolte, facilite la production du sucre. Dans les temps couverts

et marins, l'humidité même de l'air, à défaut de pluie, produit le même effet.

Les plaines des environs de Narbonne sont toutes constituées par des alluvions récentes de l'Aude. Dans certaines régions, les vignes poussent de puissantes racines dans une épaisseur considérable de limon riche; ailleurs, les terres sont encore salées et l'on est obligé de faire de nombreux travaux de drainage et d'irrigation pour empêcher le sel de produire son action funeste. C'est que, dans ces endroits, les alluvions de rivière n'ont qu'une mince épaisseur qui cache les anciens dépôts d'étangs ou de marais salés. L'Aude vient heureusement presque chaque année, et quelquefois plusieurs fois par an, déborder sur ces terres basses et les recouvre peu à peu d'un limon fertile, facilitant ainsi le travail du viticulteur.

Au point de vue de la fertilité, ces terres ont le grand avantage de posséder une richesse très grande en sels de potasse, richesse qu'ils tiennent de leur origine même, les eaux marines en contenant une forte proportion.

Dans les plaines plus élevées, qui donnent les vins dits de demi-montagne, la vigne est plantée sur les alluvions anciennes de l'Aude. Ces terres sont souvent caillouteuses; elles donnent moins de quantité, mais produisent des vins notablement supérieurs aux premiers. Leur richesse en éléments fertilisants est moindre et on est obligé d'y mettre plus d'engrais. Souvent l'épaisseur de la couche arable est trop faible et le sous-sol gêne la culture.

La plaine qui s'étend autour de Lézignan, dans la direction de Canet et Villedaigne, appelée dans le pays « le Plau », est supportée précisément dans la plus grande partie de son étendue par un banc de poudingues calcaires, qui se rattachent aux roches miocènes de Moussan. Là, les racines de la vigne se développent mal et l'on obtient de faibles rendements.

Nous ne reviendrons pas sur les cépages cultivés dans ces régions; on y a surtout planté de l'aramon et du carignan.

Dans les basses plaines, où l'on vise surtout aux grands rendements, on laisse, en taillant, beaucoup de coursons. Quelques propriétaires gardent même, sur les souches les plus vigoureuses, un long bois qu'ils appellent du nom significatif de « pisse-vin », tou-

jours en vue d'augmenter la récolte. D'autres, plus rares, essayent la taille en cordon sur fil de fer, qui a l'avantage de donner de grandes facilités pour le travail des terres et pour les traitements cupriques et qui, dit-on, pousserait davantage à la production. Il faut observer cependant que dans cet ordre d'idées il y a une limite, qui est l'épuisement du sol, et que les terrains ainsi complantés en vignes sur cordon doivent être soutenus par des engrais copieux, sans quoi la vigne risquerait fort de dégénérer en peu d'années.

Dans ces basses plaines la majeure partie du vignoble est plantée en cépages français soumis à la submersion. Les nombreux canaux qui servent à distribuer les eaux pour cet usage permettent encore, en été, de pratiquer des arrosages qui protègent la vigne contre les accidents dus à la trop grande chaleur. On fait arriver l'eau par les drains et on la laisse monter presque à fleur de terre jusqu'à ce que celle-ci change de couleur.

Dans ces conditions on emploie peu les engrais azotés à courte échéance, c'est-à-dire immédiatement ou presque immédiatement utilisables comme le nitrate de soude, le sulfate d'ammoniaque. Chaque année, en effet, l'azote nitrifié qui n'a pas été utilisé serait entraîné par les eaux de submersion. On préfère les engrais organiques qui nitrifient lentement et qui sont pour ainsi dire utilisés à mesure que la nitrification s'effectue. Les engrais potassiques sont très peu employés ; d'ailleurs le sol possède une abondante réserve de potasse. Les phosphates ne sont peut-être pas usités autant qu'ils devraient l'être. Certains propriétaires paraissent avoir observé qu'ils poussent à la production du sucre et, partant, à la richesse alcoolique des vins.

Vinification.

Dans les procédés de faire la vendange, que l'on se serve du système des comportes ou du système des tombereaux, on amène toujours la récolte au-dessus des foudres par l'un des moyens que nous avons indiqués. Le système des grues est le plus employé dans la petite propriété ; dans les domaines importants on amène les tombereaux sur la cave au moyen d'une rampe ou bien on se sert d'un

TA

NUMÉROS.	COMMUNES.	TERRAINS.	CÉPAGES.	NATURE.	ANNÉE.	DENSITÉ.	ALCOOL en volume.	ACIDITÉ totale.	EXTRAIT SEC à 100°.
								Narbonnes	
1	Narbonne	Alluvions récentes de l'Aude.	»	R.	1895	0,997	8°,3	3,88	19,95
2	—	*Idem*	Piquepoul.	B.	—	0,9914	11 ,0	4,3	15,325
2	—	*Idem*	Alicante Bouschet	R.	—	0,9965	9 ,8	3,846	21,425
2	—	*Idem*	Alicante doux	G.	—	1,0015	13 ,7	3,79	47,47
2	—	*Idem*	Carignan	R.	—	0,995	10 ,2	4,85	23,30
3	—	Alluvions anciennes de l'Aude	—	R.	—	0,9966	9 ,9	4,64	23,70
4	—	*Idem*	—	R.	—	0,9983	9 ,0	5,36	22,67
5	Coursan	Alluvions récentes de l'Aude.	Alicante Bouschet 1/8. . . . Aramon 7/8	R.	—	0,9951	9 ,5	4,46	19,73
6	Narbonne	*Idem*	Carignan, aramon	R.	—	0,9974	8 ,2	5,15	22,80
6	—	*Idem*	Petit-Bouschet	R.	—	0,9986	7 ,9	4,8	23,55
7	Coursan	Calcaire d'Armissan .	Aramon, bouschet, carignan.	R.	—	0,9951	9 ,7	4,28	19,65
9	Fleury.	Alluvions récentes et anciennes de l'Aude.	Piquepoul.	B.	—	0,9916	12 ,35	4,93	23,45
9	—	*Idem*	Aramon, carignan, petit-bouschet	R.	—	0,9945	8 ,7	4,19	18,55
147	Narbonne	Alluvions récentes de l'Aude.	»	R.	—	0,9964	9 ,1	4,34	20,65
2	—	*Idem*	»	R.	1894	0,9951	9 ,05	4,95	18,65
7	Coursan	Calcaire d'Armissan .	»	R.	—	0,9952	8 ,0	5,10	16,85
9	Fleury.	Alluvions récentes et anciennes de l'Aude.	Aramon, carignan, bouschet.	R.	—	0,9963	7 ,4	5,49	17,02
10	Saint-Marcel . . .	Alluvions de l'Aude.	»	R.	—	0,9944	9 ,55	4,36	19,90
146	Narbonne	Alluvions récentes de l'Aude.	Aramon	R.	—	0,999	6 ,4	5,63	18,47
								Narbonnes	
11	Saint-Nazaire . .	Alluvions de l'Aude .	Aramon 1/4. . . . . Carignan 3/4.	R.	1895	0,9941	9°,5	4,5	23,35
12	Raissac	Alluvions de l'Orbieu.	Carignan	R.	—	0,996	9 ,4	4,47	23,05
13	Canet	Alluvions de l'Aude .	Carignan, grenache	R.	—	0,9964	10 ,48	4,08	24,72
14	—	—	—	R.	—	0,9970	10 ,1	3,48	24,65
15	Paraza	Alluvions de l'Aude et grès de Carcassonne.	Aramon, carignan	R.	—	0,9946	9 ,9	3,49	16,85
16	—	—	Terret-Bourret.	B.	—	0,9912	10 ,57	3,58	10,9
17	—	—	Carignan	R.	—	0,9964	9 ,9	4,01	22,80
16	—	—	—	R.	1894	0,9953	8 ,8	5,42	19,05
157	Canet	Alluvions de l'Aude.	—	R.	—	0,9952	9 ,45	5,18	21,80

BLEAU I.

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈME de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION (vinocolorimètre).	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
plaine.								
3,875	1,979	3,59	1,6	2,02	»	R. — 3mm	12,18	Couleur franche, arome fruité, droit de goût.
2,15	0,466	3,175	0,09	traces	»	Jaune	13,30	Légèrement louche, arome vineux, corsé, moelleux.
2,87	0,3[illegible]	4,03	2,9	»	0	5e V. R. — 0mm,8	13,65	Parfum et âpreté de bouschet, couvert en couleur.
1,25	0,6	1,73	0,15	19,12	+ 3° 57′	Rose	17,49	»
2,37	0,34	4,21	1,37	1,76	»	5e V. R. — 1mm,65	15,05	Franc de couleur, arome vineux, frais.
3,65	2,184	3,85	2,53	»	»	4e V. R. — 1 ,40	14,54	Brillant, arome vineux de carignan, âpre.
5,0	4,44	3,81	1,57	»	»	4e V. R. — 1 ,35	14,36	— — — frais.
2,87	0,6	3,64	2,7	»	»	R. — 2 ,4	13,96	Louche, âpre et légèrement amer (mildiou).
3,68	2,3	4,03	2,8	»	»	4e V. R. — 2	13,35	Brillant, arome vineux, frais.
2,62	0,56	3,68	3,92	»	»	4e V. R. — 0 ,9	12,70	Parfum et âpreté de bouschet, frais, a du corps.
2,90	0,65	3,5	3,08	»	»	5e V. R. — 2	13,98	Vif, brillant, fruité, moelleux.
1,40	0,50	3,33	traces	2,325	»	Jaune clair	17,28	Vinosité prononcée, corsé, a du plein et du bouquet.
2,55	0,43	3,11	2,11	»	»	5e V. R. — 2	12,89	Arome et légère âpreté de bouschet, a de la mâche, plat.
3,17	0,34	3,45	3,05	traces	— 0° 7′	»	13,44	Couleur vive, vert et âpre, légèrement amer (mildiou).
2,30	0,56	4,25	3,46	1,78	+ 0 1′	»	14,0	Léger en couleur, brillant, odeur neutre, légère acidité désagréable.
2,25	0,85	3,62	3,30	0,55	0	»	13,10	Léger en couleur, un peu voilé, légère âpreté désagréable.
2,27	0,56	4,25	3,0	traces	— 0 5′	»	12,89	Louche, acidité et âpreté désagréables.
2,25	1,17	3,07	3,60	1,30	— 0 7′	»	13,91	Belle couleur framboisée, corsé, moelleux et fruité.
3,65	2,20	4,88	0,38	0,42	— 0 2′	»	12,03	Couleur légère, goût acide désagréable.
demi-montagne.								
2,82	0,41	3,70	2,84	»	»	R. 1mm,85	14,0	Arome de carignan, âpre, a du corps.
3,42	2,44	3,68	1,81	»	»	4e V. R. — 1mm,35	13,87	— , légère âpreté.
4,65	3,84	3,63	1,31	0,60	— 0° 4′	»	14,56	Un peu louche, parfum de carignan, goût de bois.
4,57	3,73	3,54	2,52	1,12	— 0 10′	»	13,58	Odeur et âpreté de bouschet, corsé.
2,05	1,19	2,73	2,13	0,43	— 0 5′	3e R. — 3mm,60	13,39	Couleur légère, parfum et goût de fruit.
1,35	0,60	2,49	0	1,53	— 0 5′	Jaune clair	14,15	Odeur vineuse, franc de goût, a du plein.
2,50	2,39	3,31	2,52	1,36	+ 0 4′	4e V. R. — 1mm,20	13,91	Violacé, couvert en couleur, âpre, odeur de carignan.
2,10	0,86	3,86	3,15	0,86	— 0	»	14,22	Légèrement louche, droit de goût, rude, un peu âpre.
2,05	1,06	3,54	4,0	1,06	— 0 10′	»	14,63	Belle couleur, brillant, fruité, a du corps.

ascenseur constitué par une chaîne à godets. Le premier de ces deux procédés est souvent d'une pratique défectueuse : les chevaux ne se gênent pas pour faire leurs ordures sur le plancher de la cave, et souvent les ouvriers qui croient bien faire en balayant le peu de vendange qui s'est écartée de l'ouverture du foudre, y introduisent avec elle de la poussière et des détritus qui peuvent avoir une action nuisible sur le vin.

L'époque de la vendange est toujours hâtive, soit que l'on craigne les inondations, soit que l'on cherche à garder cette fraîcheur ou verdeur de fruit qui est la principale qualité des vins de plaine.

Les viticulteurs des deux régions qui nous occupent négligent souvent la pratique du foulage. C'est une habitude regrettable; d'abord parce qu'ils perdent ainsi une partie de la couleur qui fait plutôt défaut déjà dans leur vin ; ensuite parce qu'ils obtiennent une quantité de marc beaucoup plus grande, qu'ils ont par le fait une plus grande proportion de vin de presse ; enfin parce que, avec les marcs pressés, la fabrication des piquettes sera plus difficile.

Les régions qui nous occupent sont surtout constituées par de grands domaines; les soins de propreté et la surveillance y sont, par suite, plus difficiles. Aussi les saletés, la terre, les moisissures et les mauvais ferments de toutes sortes introduits avec la vendange constituent-ils l'un des principaux obstacles à la bonne qualité des vins.

Un obstacle plus grand encore est l'élévation parfois excessive de la température dans les moûts en fermentation. Les raisins, encuvés souvent lorsqu'ils viennent du plein soleil, sont déjà à 30° au moins; la chaleur développée par la fermentation élève encore cette température. La levure est alors gênée dans son développement ; des ferments secondaires se multiplient à sa place et des maladies dangereuses se déclarent dans le vin. La tourne est la plus fréquente. Enfin c'est encore les années chaudes que l'on a vu apparaître la casse des vins. Il y a donc grande utilité à ce que le propriétaire surveille la température dans les foudres en fermentation et prenne au besoin les soins que nous avons indiqués pour en prévenir les mauvais effets.

Voici les analyses des vins de ces deux catégories que nous avons

recueillis l'an dernier; ce tableau comprend 21 échantillons de la récolte 1895 et 7 de récoltes antérieures. (Tableau I.)

Si nous mettons à part les 4 vins blancs ou gris qu'ils comprennent nous avons les moyennes suivantes :

	NARBONNES	
	plaine.	demi-montagne.
Alcool	8° 9	9° 9
Acidité totale	4gr,53	4gr,00
Extrait sec	21 ,45	22 ,57
Cendres	3 ,23	3 ,33
Crème de tartre	3 ,72	3 ,43
Matières astringentes	2 ,51	2 ,18

On voit, ce qui était présumable, que la moyenne de l'alcool est moins élevée dans les vins de plaine que dans les vins de demi-montagne; que, de plus, le degré alcoolique est plus élevé dans les vins de 1895 que dans les vins vieux qui sont tous de 1894. Il faut voir là un effet du mildiou qui, en desséchant un grand nombre de grappes au moment de la floraison, a permis aux autres d'être mieux nourries. Aussi n'est-il pas surprenant de voir dans les vins de 1895 plus d'alcool provenant d'une plus grande quantité de sucre, plus d'extrait, plus de cendres que dans les vins de 1894.

Les données de la dégustation nous indiquent que les vins remarqués pour leur fraîcheur ont tous une acidité assez élevée ; ceux qui sont riches en matières astringentes sont ou des hybrides bouschet chez lesquels cet élément dépasse généralement 3 gr. par litre, ou bien des vins notés pour leur âpreté. Ceux-ci sont certainement plus fréquents que dans les années communes par suite de l'influence du mildiou : la proportion des rafles étant plus grande il s'est dissous pendant le cuvage une plus grande quantité de produits astringents, âpres, ou même quelquefois amers.

Les vins qui ont du corps ou du plein, qui sont des vins bien constitués, se font remarquer par le chiffre de leur extrait sec qui est plus élevé que chez les autres. Aussi insisterons-nous de nouveau sur ce fait qu'il est regrettable de voir un grand nombre de propriétaires des plaines se dispenser de la pratique du foulage. Cette

opération est d'autant plus nécessaire que la durée du cuvage étant généralement très réduite, on doit rechercher les moyens de faciliter la macération pendant laquelle les matières extractives entrent en dissolution dans le liquide; parmi ces moyens il faut citer en première ligne le foulage, puis l'immersion du chapeau et le remontage du moût.

II. — NARBONNES MONTAGNE ET NARBONNES PREMIER CHOIX

Situation viticole.

Les narbonnes montagne sont tout à fait des vins de coteau. L'influence du climat se fait sentir avec les mêmes caractères que précédemment et nous n'y insisterons pas davantage. Ce qui les particularise surtout, c'est l'influence du terrain.

Presque tous les vins de ce groupe proviennent de vignobles plantés sur des terres d'origine détritique de l'étage éocène. Les grès, les poudingues, les argiles et parfois les marnes, s'y rencontrent plus ou moins mélangés, et il est bien difficile de pouvoir distinguer l'influence de chacun. Dans l'ensemble, la fertilité y est bien moindre que dans les plaines, les rendements sont plus faibles et la qualité plus grande. L'aridité du sol, parfois sa sécheresse, empêchent les raisins de se gorger d'eau; aussi les vins sont-ils mieux constitués, ils sont plus riches en extrait, ils ont plus de corps et plus de finesse.

Le plateau de Moussan se fait remarquer par l'abondance des calcaires dans le sol et, à la présence du calcaire, correspond souvent dans les vins une finesse plus grande. Au-dessous apparaissent, affleurant autour du plateau, des argiles rouges et des grès friables que l'on retrouve au Quatourze sur la route de Bages et sur le rebord de la Clape vers Vinassan et Salles. Ces terrains donnent aussi des vins de choix; on y plante surtout du carignan.

Nous n'avons pas ajouté à ce groupe les vins de Gruissan. Ils ont, à vrai dire, plutôt les caractères des Corbières dont la Clape n'a été séparée que par la dépression de Narbonne et, quoi qu'on ait l'habi-

tude dans le commerce de les considérer comme vins de Narbonne, nous nous sommes cru obligé, pour ne pas faire mentir notre classification, de les rattacher aux vins des Corbières.

Les narbonnes premier choix sont, comme nous l'avons dit, des vins de coupage que l'on récolte sur les coteaux qui bordent à l'est le massif des Corbières. Ces coteaux sont constamment exposés aux vents salés de la mer et des étangs, ou bien balayés par le vent violent du nord-ouest, le vent de Cers, qui semble prendre dans ces régions son maximum d'intensité. L'évaporation y est considérable et amène souvent des accidents de végétation.

Le sol est surtout formé de terrains calcaires oligocènes, plus rarement de poudingues et de terres rouges; l'influence du calcaire va, ici surtout, se faire sentir. On obtient des vins susceptibles d'une grande finesse. Le carignan est presque le seul cépage cultivé et il donne des vins qui sont remarquables par leur richesse alcoolique, et surtout par leur intensité colorante. Ce sont des vins de coupage.

Vinification.

Dès qu'on arrive dans les coteaux, la petite propriété est plus abondante et les soins de propreté, pendant la vendange, sont peut-être moins observés. On commence à récolter plus tard et, pour peu que la vendange dure quelque temps, il y a une différence plus grande que dans la plaine entre les premiers et les derniers vins récoltés. En général, on aurait intérêt à ajouter de l'acide tartrique à la cuve et à en augmenter la quantité à mesure que la vendange est plus mûre. On éviterait souvent des accidents dus à la trop faible acidité du vin. C'est ainsi que la matière colorante peut se déposer en partie, le vin devenir louche et casser dès qu'une température trop élevée a produit un excès de maturité dans les raisins.

Pour les vins de coupage on vendange encore plus tardivement. C'est évidemment un moyen d'augmenter l'alcool et la couleur qui font la richesse de ces vins, mais c'est aussi une raison de surveiller plus qu'ailleurs l'acidité de la vendange, le défaut de cet élément dans le vin pouvant être la cause du cassage d'autant plus facilement que la couleur est plus abondante.

TABLEAU

NUMÉROS.	COMMUNES.	TERRAINS.	CÉPAGES.	NATURE.	ANNÉE.	DENSITÉ.	ALCOOL en volume.	ACIDITÉ totale.	EXTRAIT SEC
							p. 100.		
								Narbonn	
8	Salles	Calcaire marneux miocène	Piquepoul	B.	1895	»	9°,50	5,94	19
18	Ouveillan	Alluvions anciennes de l'Aude	Carignan	R.	—	0,9939	11 ,40	4,11	21
19	Narbonne	Calcaire d'Armissan	—	R.	—	0,9959	9 ,0	4,22	22
19	—	*Idem*	Carignan, grenache	R.	—	0,9921	10 ,20	3,76	19
21	Lézignan	Alluvions de l'Orbieu	—	R.	—	0,9943	10 ,90	3,69	19
32	Ginestas	Alluvions anciennes de la Cesse et carcassien	—	R.	—	0,9955	9 ,80	4,23	22
33	Mailhac	Alluvions d'étang et carcassien	Alicante-bouschet, aramon, carignan	R.	—	0,9963	10 ,15	3,70	24
34	Moussan	Alluvions anciennes de l'Aude	—	R.	—	0,9948	9 ,40	3,23	20
35	—	Molasse miocène	Aramon $^{1}/_{3}$, carignan $^{2}/_{3}$	R.	—	0,9953	9 ,50	4,25	21
36	Narbonne	Alluvions anciennes de l'Aude	Alicante-bouschet	R.	—	0,9957	9 ,50	3,62	26
162	—	*Idem*	Carignan	R.	—	0,9959	10 ,40	3,87	25
163	—	Alluvions anciennes de l'Aude et calcaire néocomien	Carignan, aramon	R.	—	0,9962	9 ,00	4,23	21
152	Ginestas	Alluvions anciennes de la Cesse et carcassien	—	R.	1894	0,9938	10 ,15	4,89	20
153	Bize	*Idem*	—	R.	—	0,9976	8 ,55	4,32	22
154	Argeliers	*Idem*	Carignan	R.	—	0,9953	9 ,25	4,71	20
155	Bize	*Idem*	—	R.	—	0,9928	12 ,50	4,05	21
								Narbonn	
37	Peyriac-de-Mer	Calcaire miocène inférieur	Carignan	R.	1895	0,9940	9°,9	4,93	21
38	Portel	*Idem*	Carignan $^{9}/_{10}$, aramon $^{1}/_{10}$	R.	—	0,9947	10 ,3	3,91	23
39	Sigean	Calcaire miocène inférieur et alluvions d'étang	Carignan, aramon passés sur petit-bouschet	R.	—	0,9955	8 ,9	4,12	21
40	—	*Idem*	Carignan	R.	—	0,9956	9 ,8	4,89	24
41	—	*Idem*	—	R.	—	0,9940	10 ,15	3,62	21
44	Leucate	Calcaire et marne miocène	—	R.	—	0,9959	9 ,4	3,68	22
45	—	*Idem*	—	R.	—	0,9948	10 ,3	5,75	25
161	Peyriac	Calcaire miocène inférieur	—	R.	—	0,9940	8 ,8	4,48	19
37	—	*Idem*	—	R.	1891	0,9946	9 ,95	4,81	21
44	Leucate	Calcaire et marne miocène	—	R.	—	0,9941	10 ,05	5,33	21
156	Portel	*Idem*	—	R.	—	0,9955	9 ,4	4,46	20

II ET III.

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈME de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION vinocolorimètre.	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
montagnes.								
2,17	0,58	»	»	»	»	Blanc	15,44	Un peu louche, vinosité prononcée, frais, moelleux.
2,50	0,48	2,39	1,16	1,21	+ 0°, 5'	»	15,51	Odeur de carignan, droit de goût, a du plein.
3,20	2,46	3,20	1,86	»	»	5e V. R. — 1mm,60	13,22	Arome vineux, fruité, a du corps.
2,85	0,54	2,85	1,81	»	»	4e V. R. — 1 ,50	13,96	Parfumé et bouqueté, a du moelleux.
2,30	1,57	2,96	1,80	1,66	0	3e V. R. — 1 ,10	14,62	Brillant, droit de goût, fruité.
2,80	0,62	»	2,03	0,2	— 0°, 3'	»	14,03	Apre, légère amertume (mildiou).
3,60	2,5	3,04	3,19	0,3	»	5e V. R. — 0mm,90	13,86	Légèrement louche, âpreté et amertume sensibles (mildiou).
2,47	0,73	2,70	1,35	1,82	— 0°, 9'	»	12,63	Arome et goût léger de bouschet, a du corps, légère amertume.
2,75	0,56	2,74	3,05	traces	— 0 , 5'	»	13,75	Léger parfum de carignan, âpre, goût d'acide tartrique.
3,30	0,82	2,72	2,92	1,08	— 0 , 3'	5e V. R. — 1mm,10	13,42	Léger louche, odeur et légère âpreté de bouschet, a du plein.
3,40	0,30	2,61	4,0	0,29	— 0 , 8'	5e V. R. — 0 ,85	14,27	Couvert en couleur, un peu louche, odeur de carignan, âpre et amer (mildiou).
3,22	0,48	2,72	2,86	0,24	— 0 , 4'	1er R. — 2 ,15	13,33	Couleur légère, un peu louche, odeur de carignan, fruité, très légère amertume.
2,10	0,80	3,78	4,0	0,92	— 0 , 3'	»	15,04	Couvert en couleur, brillant, odeur neutre, a du plein.
4,35	0,78	4,01	3,69	2,10	— 0 , 2'	»	12,87	Brillant, odeur neutre, a de la mâche, âpre, sans fruit, désagréable.
2,07	0,63	3,78	3,61	2,35	0	»	13,96	Couleur légère, très brillant, odeur de carignan, droit de goût.
2,87	0,34	2,91	3,0	1,01	— 0 ,10'	»	16,55	Couvert en couleur, brillant, odeur de vin vieux, fin, corsé, a du plein, légère amertume.
premier choix.								
2,87	0,78	3,12	3,33	1,84	0	»	14,83	Belle couleur, couvert, a du plein, légère âpreté.
2,97	1,12	3,92	3,03	1,78	0	»	14,21	Odeur de carignan, un peu rude, plein, légère âpreté.
3,02	0,54	3,36	3,18	2,26	+ 0°, 3'	»	13,02	Un peu louche, a du plein, légère âpreté.
3,60	2,62	4,41	1,66	2,34	0	»	14,69	Belle couleur framboisée, très brillant, parfum particulier, fruité, bouqueté, a du plein.
3,05	0,63	2,80	2,79	1,03	— 0 , 7'	»	13,77	Couvert en couleur, légère âpreté, manque un peu de fraîcheur.
3,47	2,59	3,84	2,59	1,40	»	»	13,08	Couvert en couleur, plein, âpreté particulière.
2,22	0,84	2,83	3,57	2,35	— 0 , 1'	»	16,05	— — —
3,25	0,26	3,04	3,10	2,26	+ 0 , 4'	»	13,28	— très brillant, légère âpreté.
2,95	0,99	3,0	3,61	»	»	»	14,76	— odeur de carignan, vert, un peu rude.
2,62	0,90	4,33	3,46	1,84	— 0 , 7'	»	15,38	— frais, âpreté particulière.
3,20	1,49	3,86	2,92	1,76	0	»	13,86	Odeur de carignan, droit de goût, légère âpreté.

Il y a un autre usage très répandu dans cette région et dans les Corbières : lorsqu'on a mis la vendange en cuve, non seulement on la laisse fermenter sans y toucher, mais le paysan se formalise même si l'on fait trop de bruit dans sa cave, craignant, semble-t-il, qu'on dérange le travail de son vin. Il laisse ce vin sous marc pendant 15 jours, 3 semaines, quelquefois même plusieurs mois, et, sous prétexte de le laisser travailler, on le laisse quelquefois se gâter. La prolongation exagérée du cuvage peut être en effet une cause de danger : lorsque la fermentation est finie, le vin n'a plus qu'à se clarifier, mais il est là entre deux ennemis ; à la partie supérieure le chapeau de la vendange peut communiquer au vin, par suite d'une macération trop prolongée, un goût d'âpreté désagréable ; d'autre part, les lies qui se déposent au fond du foudre contiennent toujours une foule de mauvais ferments dont il importe de séparer le vin le plus tôt possible, car la levure ayant terminé son travail, ces ferments pourraient commencer le leur ; il suffit pour cela que les conditions du milieu soient favorables.

Voici les analyses de 16 échantillons de narbonnes montagne dont 12 de la récolte 1895, et de 11 échantillons de narbonnes premier choix dont 8 de la vendange 1895. (Tableaux II et III.)

Ils ont donné les moyennes suivantes :

	NARBONNES	
	montagne.	premier choix.
Alcool	9° 97	9° 72
Acidité totale	4gr,18	4gr,54
Extrait sec à 100°	22 ,10	22 ,07
Cendres	2 ,87	3 ,11
Crème de tartre	3 ,20	3 ,50
Matières astringentes	2 ,68	3 ,02

On voit d'après ces chiffres que les narbonnes montagne sont des vins bien faits pour être consommés directement. (Tableaux II et III.)

Si nous considérons les données de la dégustation, un seul de ces vins a été remarqué pour sa fraîcheur : c'est le vin blanc de Salles. Les qualités d'ensemble qui se caractérisent par ces mots : ce vin a du plein ou a du corps, se rencontrent plus fréquemment ; c'est que

nous avons affaire plutôt à des vins de bonne constitution possédant plus d'extrait et plus de degré. Le parfum et le moelleux qu'apporte souvent le grenache se font sentir dans l'échantillon n° 19. Enfin le mildiou fait encore sentir son influence : un certain nombre de ces échantillons ont une âpreté et une amertume caractéristiques. Nous retrouvons la fraîcheur du n° 8 marquée par une acidité assez élevée, le plein ou le corps mis en évidence par l'importance de l'extrait sec, enfin l'abondance des matières astringentes est presque toujours en corrélation avec l'âpreté des vins. Parmi les vins de premier choix, la qualité saillante est évidemment la richesse en couleur. Le plein et le corps sont beaucoup plus remarquables dans ces vins que la fraîcheur qui en est exclue, mais ce qui est de beaucoup le plus manifeste c'est leur âpreté générale. D'après notre opinion, cette âpreté n'est pas due seulement à l'excès de couleur, mais à un cuvage trop prolongé. Sur 11 vins il y en a 7 qui ont plus de 3 grammes par litre de matières astringentes, encore sur les 4 restant y en a-t-il 2 qui s'approchent beaucoup de ce chiffre. Dans 9 vins sur 11, l'âpreté est sensible ; dans quelques-uns elle est désagréable. Nous insisterons donc encore sur l'importance qu'il y a à réduire au minimum la durée du cuvage. Pour les vins de coupage on pourrait craindre qu'un cuvage plus court donnât moins de couleur ; il suffit, pour parer à cet inconvénient, de faciliter la macération par un ou plusieurs des moyens que nous avons indiqués : perfection du foulage, immersion du chapeau, remontage du moût. On pourra alors décuver dès que le vin marquera zéro au pèse-moût, et il possédera malgré cela toute sa couleur.

III. — VINS DES CORBIÈRES

Situation viticole.

Les vins des Corbières ont toujours été réputés pour leur degré alcoolique et leur couleur. On y fait aussi des vins de coupage, mais beaucoup cependant peuvent se consommer directement.

Dans la distinction que nous avons faite, il est aisé de voir que

c'est la nature du terrain surtout qui nous a permis de former trois groupes distincts. C'est lui, en effet, qui a l'influence la plus marquée.

Le climat manifeste ses effets par suite des variations de l'altitude et de l'exposition. C'est ainsi que dans les communes les plus élevées les vins sont plus tendres. Sur le versant sud du massif, les vins sont plus alcooliques et les raisins atteignent les plus grandes richesses saccharines que l'on puisse rencontrer en France.

Dans les hautes Corbières, les terres de schistes des époques primaires donnent au vin un bouquet spécial. Les terres rouges des calcaires jurassiques apportent une finesse particulière. Les marnes et les gypses du trias sont peut-être ceux qui ont le moins de répercussion dans le goût du vin; ils en ont une notable sur sa composition, ces terres gypseuses apportant dans le vin une grande quantité de sulfate de potasse.

Dans les basses Corbières, les psammites et les grès crétacés dominent de beaucoup. Ils apportent aussi un bouquet facilement reconnaissable. Ils donnent des terres meubles, souvent même sablonneuses, où l'on a pu maintenir en certains endroits des surfaces importantes en vignes françaises, la nature du sol leur permettant de résister au phylloxéra.

Le vignoble des Corbières carcassonnaises, que nous nommons ainsi parce qu'il sépare le massif des Corbières du vignoble de Carcassone, est établi sur des terres nummulitiques des premiers âges de l'époque éocène. Il donne des vins d'un parfum particulier, remarquables aussi par leur couleur framboisée.

Dans l'ensemble, les Corbières constituent un massif ayant ses caractères spéciaux; les terres de garrigues se mêlent aux vignes qui les envahissent de plus en plus malgré les difficultés considérables qu'il y a à transformer en terres cultivables les croupes arides et rocheuses de ces montagnes. Ces garrigues constituent de maigres et pauvres pâturages où les moutons et surtout les chèvres trouvent à grand'peine leur nourriture; aussi les bergers n'ont-ils aucun scrupule pour laisser leurs troupeaux errer sur le bord des vignes, où ils causent quelquefois des dommages. Après la vendange, on mène les troupeaux sur les souches dont ils dévorent les feuilles avec en-

vie. Fort heureusement le vignoble de cette région est presque exclusivement constitué par du carignan et du grenache qui sont précisément deux cépages à bois dur s'aoûtant de bonne heure, de sorte que la dent des animaux en supprimant les feuilles n'empêche pas, comme pour l'aramon des plaines, la formation du bois nécessaire pour exécuter une bonne taille.

Le grenache est d'ailleurs un cépage spécial aux Corbières. Il est d'autant plus abondant que l'on s'élève davantage en altitude. Dans certains coteaux de Tuchan, de Paziols, de Tautavel, de Vingrau, il est presque aussi fréquent que le carignan ; c'est lui qui donne les moûts les plus sucrés et qui permet dans ces régions de faire des vins de liqueurs ou des rancios renommés.

Vinification.

Au sujet des usages ou des habitudes de vinification, nous ne pouvons que répéter ce que nous avons déjà dit pour les vins de coteau du Narbonnais et surtout pour les vins de coupage. Ici l'importance de l'acidité dans les moûts est la même, la durée du cuvage est aussi trop prolongée dans le plus grand nombre des caves. Nous ne pourrions que nous répéter en revenant sur ce sujet.

La dimension des foudres, surtout dans les hautes Corbières, est plus réduite ; elle est souvent de 60 à 100 hectolitres. C'est là une bonne condition de vinification. Il y a en effet un obstacle considérable à la marche des fermentations, c'est l'élévation de la température. Cet obstacle, dont nous avons déjà dit un mot, est d'autant plus important ici que les raisins sont plus sucrés ; la transformation du sucre en alcool dégageant de la chaleur, plus il y a de sucre, et plus il y a de chaleur dégagée. Cette chaleur s'échappe du foudre d'autant plus facilement qu'il est plus petit, parce que, pour un même volume il y a plus de surface en contact avec l'air extérieur.

Mais la diminution du volume des foudres est un moyen insuffisant pour empêcher la température de s'élever au-dessus de 35° dans les moûts en fermentation. Malgré un temps très froid au moment des vendanges, dans certaines régions des Corbières, nous avons relevé cette année des températures supérieures à ce chiffre. Il est certain

TA[illegible]

NUMÉROS.	COMMUNES.	TERRAINS.	CÉPAGES.	NATURE.	ANNÉE.	DENSITÉ.	ALCOOL en volume.	ACIDITÉ totale.	EXTRAIT SEC à 100°.
							p. 100.		
									Haute[illegible]
42	Durban	Schistes primaires et cargneules du trias.	»	R.	1895	»	10°,6	4,33	19,0[illegible]
43	St-Jean-de-Barrou	*Idem*	Carignan, grenache	R.	—	0,9937	10 ,65	4,39	23,5[illegible]
46	Fitou	Calcaire argileux jurassique.	—	R.	—	0,9931	12 ,35	3,87	27,6[illegible]
46	—	Marnes et cargneules du trias	Clairette.	B.	—	0,9914	10 ,65	3,85	17,7[illegible]
46	—	*Idem*	Carignan	R.	—	»	12 ,25	4,09	26,[illegible]
47	—	*Idem*	Carignan, grenache	R.	—	0,9940	10 ,55	3,97	24,7[illegible]
48	—	Marnes et cargneules du trias	—	R.	—	0,9908	10 ,45	3,35	32,5[illegible]
48	—	Calcaire argileux jurassique.	Cabernet-sauvignon.	R.	—	0,9940	12 ,15	4,12	26,[illegible]
[1] 149	Tuchan	Alluvions d'étang . .	Carignan 3/4, grenache 1/4 .	R.	—	0,9940	11 ,0	4,05	22,7[illegible]
158	Durban	Schistes primaires et cargneules du trias.	»	R.	1894	0,9932	10 ,2	4,98	21,9[illegible]
160	Fitou	Calcaire argileux jurassique.	Carignan 9/10, grenache 1/10.	R.	—	0,9934	11 ,0	4,28	22,[illegible]
									Basse[illegible]
22	Ornaison	Alluvions de l'Orbieu et de l'Aussou . . .	Carignan	R.	1895	0,9969	10°,45	3,05	25,[illegible]
23	—	*Idem*	»	R.	—	0,9955	11 ,40	3,60	26,[illegible]
24	Bizanet	Alluvions de l'Aussou et grès danien . . .	Carignan, grenache	R.	—	0,9931	11 ,30	3,40	22,[illegible]
25	—	*Idem*	—	R.	—	0,9932	10 ,0	3,35	22,[illegible]
31	Montseret	Calcaire et marnes du garumnien.	»	R.	—	»	11 ,15	4,84	25,[illegible]
20	Gruissan.	Alluvions marines et calcaire néocomien.	Carignan	R.	—	0,9954	9 ,4	4,18	23,[illegible]
164	—	*Idem*	Aramon	R.	—	0,9953	8 ,5	3,90	20,5[illegible]
165	—	*Idem*	Carignan	R.	—	0,9947	10 ,75	3,85	21,[illegible]

1. Cet échantillon étant le seul que nous ayons des Corbières du Roussillon, nous l'avons joint aux hautes Corbières.

BLEAU IV.

Corbières.

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈME de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION (vinocolorimètre).	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
2,10	0,48	3,28	1,81	1,55	0	»	14,93	Un peu louche, plat, légère amertume au déboire.
2,35	0,84	3,52	3,28	1,28	0	»	15,04	Belle couleur plein, moelleux, légère âpreté.
2,80	0,71	2,88	3,23	2,40	— 0°, 3′	»	16,22	Couvert en couleur, brillant, plein, corsé, moelleux, âpreté particulière.
2,72	1,06	3,20	0	1,22	— 0 ,10′	Jaune d'ambre	14,50	Odeur vineuse prononcée, goût et bouquet de clairette.
3,12	0,71	3,62	3,22	2,99	— 0 , 4′	»	16,34	Couvert en couleur, brillant, odeur vineuse pénétrante, moelleux, goût étranger.
3,30	0,78	2,54	2,54	2,60	»	»	14,52	Couvert en couleur, brillant, odeur vineuse, fruité, plein, moelleux, légère âpreté.
3,0	1,01	2,96	3,23	3,0	+ 0 , 1′	»	13,80	Couvert en couleur, très brillant, moelleux, a du plein, âpreté particulière.
2,73	1,14	2,91	3,61	6,20	0	»	16,27	Belle couleur, odeur de cabernet, moelleux, bouquet de cabernet.
2,95	0,47	3,62	2,61	2,80	0	»	15,05	Brillant, odeur particulière pas franche, corsé mais plat.
2,10	0,56	3,39	4,0	1.43	— 0 , 9′	»	16,18	Belle couleur, odeur vineuse pénétrante, un peu rude, légère âpreté.
2,52	0.56	3,62	3,84	3,0	0	»	15,28	Belle couleur, odeur vineuse pénétrante, plein, corsé, rude et âpre.

Corbières.

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈME de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION (vinocolorimètre).	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
4,60	4,01	3,72	1,79	1,21	— 0°, 6′	»	13,53	Brillant, âpre, amer (mildiou).
3,0	2,23	3,23	2,03	0,83	— 0 , 6′	»	15,0	Couleur pas franche, odeur de bouschet, a du plein, légère amertume.
2,15	0,97	2,86	2,81	0,3	0	»	14,70	Couleur peu franche, neutre, a du plein, légère âpreté.
3,10	0,91	3,10	2,08	0,53	— 0 , 8′	»	13,35	Couleur vive, neutre, droit de goût.
2,42	0,17	»	2,33	»	»	R. — 1mm,10	15,99	Couleur brillante, odeur de bouschet, plein, a du corps, amer au déboire.
3,47	2,09	3,42	1,61	»	— 0 , 6′	5e V. R. — 1 ,10	13,58	Couleur foncée, odeur presque neutre, âpreté particulière.
3,07	0,69	2,98	2,65	»	»	4e V. R. — 1 ,55	13,40	Brillant, arome de carignan, âpreté particulière.
2,70	0,84	2,52	2,72	1,45	0	»	14,60	Couleur violacée, âpreté sensible, a du corps, fruité.

TABLEAU

NUMÉROS.	COMMUNES.	TERRAINS.	CÉPAGES.	NATURE.	ANNÉE.	DENSITÉ.	ALCOOL en volume. p. 100.	ACIDITÉ totale.	EXTRAIT SEC à 100°.
			Basses						
166	Gruissan.	Alluvions marines et calcaire néocomien.	Carignan	R.	1895	0,9957	8°,20	4,28	21,30
27	Montredon. . . .	Alluvions d'étang et calcaire du lias. . .	—	R.	—	0,9948	10 ,75	3,64	22,10
28	—	*Idem*	»	R.	—	0,9930	11 ,50	3,94	19,75
29	Boutenac	Calcaire turonien . .	Carignan, grenache	R.	—	0,9930	10 ,90	3,76	20,60
30	Saint-Laurent . .	Alluvions de la Nielle et marnes nummulitiques	»	R.	—	0,9947	9 ,30	3,37	23,40
167	Gruissan	Alluvions marines et calcaire néocomien.	Aramon, carignan	R.	1892	0,9954	9 ,65	4,05	20,32
26	Bizanet	Alluvions de l'Aussou et grès danien . . .	Carignan	R.	1894	0,9958	8 ,35	4,95	19,45
27	Montredon. . . .	Alluvions d'étang et calcaire du lias . .	»	R.	—	0,9951	9 ,65	4,36	23,17
28	—	*Idem*	»	R.	1892	0,9946	9 ,80	4,23	20,50
151	Bizanet	Alluvions de l'Aussou et grès danien . . .	»	R.	1894	0,9942	10 ,10	4,38	21,05
174	—	Grès danien	»	R.	—	0,9962	8 ,45	4,60	19,70
			Corbières						
86	Arquettes-en-Val.	Marnes nummulitiques.	»	R.	1895	0,9953	10°,30	4,71	22,45
87	Montlaur	— et alluvions. .	»	R.	—	0,9947	10 ,25	4,69	21,65
88	Pradelles-en-Val.	*Idem*	»	R.	—	0,9954	10 ,15	4,76	22,10
87	Montlaur	*Idem*	»	R.	1894	0,9966	8 ,55	4,95	22,30
88	Pradelles-en-Val.	*Idem*	»	B.	—	»	11 ,15	4,36	14,05
88	—	*Idem*	»	R.	1891	0,9933	9 ,0	4,24	15,90
88	—	*Idem*	»	R.	1894	0,9953	8 ,55	4,79	19,47

IV (*suite*).

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈME de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION (vinocolorimètre).	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
Corbières (*suite.*)								
3,07	0,56	2,01	1,61	»	»	5e V. R. — 1mm,65	12,48	Louche, odeur de carignan, âpreté particulière, amer (salé?).
2,60	1,72	2,57	2,09	3,64	0	2e V. R. — 1 ,0	14,39	Odeur de carignan, fruité, bouqueté, moelleux.
1,45	0,67	2,61	1,65	0,32	— 0°, 6'	3e V. R. — 1 ,0	15,44	— moelleux et bouqueté.
2,80	1,21	3,23	1,54	0,29	— 0 ,11'	2e R. — 2 ,30	14,66	Couleur un peu voilée, fruité, moelleux.
2,67	1,66	2,72	1,49	1,40	+ 0 , 3'	5e V. R. — 1 ,45	12,67	Belle couleur, brillant, fruité, a du corps.
3,92	0,56	0,31	3,22	traces	— 0 ,7'	»	13,70	Couleur légère jaune presque passée, âpreté et amertume légères, désagréable.
2,10	1,10	3,86	4,60	3,0	— 0 , 1'	»	13,30	Un peu voilé, âpreté très prononcée.
2,02	0,56	3,30	4,46	1,96	0	»	14,01	Couvert en couleur, odeur vineuse pénétrante, plein et âpre.
2,87	0,86	3,90	3,15	0,98	— 0 , 7'	»	14,03	Belle couleur, odeur de vin vieux, légère acidité aigrelette.
3,07	0,60	3,38	4,07	0,26	— 0 , 5'	»	14,48	Belle couleur, odeur vineuse pénétrante, a du plein, âpreté sensible.
3,05	1,27	3,78	3,53	0,90	— 0 , 8'	»	13,05	Couleur cerise légère, odeur vineuse, droit de goût, légère âpreté.
carcassonnaises.								
3,0	1,90	4,33	4,44	traces	— 0°, 6'	»	15,01	Couleur framboisée, odeur désagréable (butyrique), plat, goût de terroir (mildiousé).
2,32	0,34	4,49	4,14	0,77	— 0 , 8'	»	14,94	Belle couleur framboisée, brillant, fruité, bouqueté, âpreté légère, frais.
2,75	1,49	4,49	3,28	0,38	— 0 , 8'	»	14,91	Belle couleur framboisée, brillant, très fruité, bouquet particulier, frais et moelleux.
3,70	0,63	4,41	4,15	0,59	— 0 , 9'	»	13,50	Belle couleur framboisée, brillant, odeur de carignan, acide et âpre.
2,35	0,17	»	»	2,10	— 0 ,10'	»	15,51	Limpide et brillant, odeur légèrement altérée, désagréable au déboire.
3,25	0,48	1,57	3,53	0,23	— 0 , 9'	»	13,24	Couleur pelure d'oignon, odeur de vin vieux un peu passée, plat, amer.
2,97	0,30	3,50	3,22	0,35	— 0 , 6'	»	13,31	Couleur framboisée, brillant, bouquet léger d'amandes amères.

que si le ciel eût été ensoleillé, le vent moins violent et moins froid, la température de l'air plus élevée, au lieu de noter comme maximum 36, 37, 38 ou 39°, nous aurions relevé plus de 40°; et, au lieu de rencontrer par-ci par-là un ou deux foudres dans lesquels la fermentation fut arrêtée avant complète transformation du sucre, nous en aurions trouvé beaucoup plus. Alors la fermentation s'alanguit et se prolonge indéfiniment, les vins restent doux et prennent la piqure beaucoup plus facilement.

Un certain nombre de viticulteurs des hautes Corbières et du Roussillon, où ces accidents sont peut-être plus fréquents qu'ailleurs à cause de la richesse saccharine des moûts, se sont inquiétés et ont cherché un remède. Plusieurs pratiquent le remontage à la cuve, rendant ainsi plus homogène la masse en fermentation et répandant la chaleur uniformément dans tout le foudre, au lieu de la laisser s'accumuler à la partie inférieure du chapeau. C'est déjà là une amélioration, mais bien souvent encore insuffisante. Nous avons trouvé un propriétaire qui usait de la pratique suivante: tous les jours il suit la fermentation dans chaque foudre en tirant au dégustateur une éprouvette de liquide et mesurant immédiatement sa température et sa richesse en sucre au pèse-moût. Si la température approche de 37° et que le pèse-moût indique une quantité notable de sucre, il soutire le vin dans des comportes et le laisse refroidir à l'air pendant la nuit; le lendemain, ou bien deux jours après, on le rejette sur le marc qui est resté dans le foudre, la fermentation repart et s'achève. Ces opérations, qui témoignent beaucoup de soin de la part du propriétaire qui les effectue, peuvent encore se faire avec des foudres de 60 ou 100 hectolitres; elles ne seraient pas pratiques avec des vases vinaires plus volumineux.

Pendant la vendange 1895, la température a été plus élevée et il est probable que les vins doux ou aigres-doux ont été plus abondants qu'ils ne le seront en 1896.

Voici les analyses des vins des Corbières que nous avons recueillis en 1895; ces tableaux comprennent pour les hautes Corbières 9 échantillons de 1895 et 2 de 1894; pour les basses Corbières, 13 échantillons de 1895 et 6 de récoltes antérieures; enfin pour les Corbières carcassonnaises, 3 vins de 1895 et 4 vins vieux. (Tableau IV.)

Ces tableaux nous ont donné les chiffres suivants :

	Hautes Corbières.	Basses Corbières.	Corbières carcassonnaises.
Alcool	11° 07	10° 01	10° 25
Acidité totale	4gr, 11	4gr, 02	4gr, 72
Extrait sec	24 ,10	22 ,16	22 ,05
Cendres.	2 ,70	2 ,85	2 ,69
Crème de tartre . . .	3 ,24	2 ,82	4 ,43
Matières astringentes .	2 ,85	2 ,61	3 ,95

Nous voyons dans ce tableau que la moyenne alcoolique augmente, l'extrait sec aussi, surtout pour les hautes Corbières.

Dans les vins des hautes Corbières nous voyons souvent le grenache manifester son influence par l'impression de moelleux que l'on trouve à la dégustation ; ils ont en général une bonne charpente représentée par une quantité d'extrait assez forte.

Les fitous notamment sont remarquables par leur robe et par l'harmonie qui existe entre les différents caractères organoleptiques de ces vins. Ils sont à la fois pleins, corsés, moelleux et fruités ; c'est là certainement le premier cru des Corbières.

Dans les vins des basses Corbières nous ferons la même observation relativement à la coïncidence du plein et du corps avec l'élévation de l'extrait sec, du moelleux avec la présence du grenache ; aucun de ces vins n'a été remarqué pour sa fraîcheur. Plusieurs, au contraire, manquent d'acidité, ce qui les rend mous et quelquefois plats. Un certain nombre des vins de cette région possèdent, comme nous le disions tout à l'heure, un bouquet particulier donné par les terres gréseuses du crétacé.

L'âpreté, souvent sensible et quelquefois exagérée, se rapproche ici comme précédemment de l'abondance des matières astringentes décelée par l'analyse ; elle a certainement pour cause, dans bien des cas, la prolongation exagérée du cuvage. Enfin beaucoup de ces vins, surtout ceux des hautes Corbières, contiennent une quantité de sucre notable indiquant une fermentation incomplète. Cela peut être, comme nous l'avons dit, une cause d'altération. D'ailleurs quelques-uns de ces vins dégustés au printemps 1896 manifestaient déjà certains symptômes d'altération ; dégustés à nouveau au mois de dé-

cembre, ils étaient devenus plats sinon amers ou tournés. Nous avons déjà dit où l'on doit rechercher la cause de ces accidents : c'est la trop grande élévation de la température pendant la fermentation.

Dans les Corbières carcassonnaises, on trouve des vins remarquables par leur couleur framboisée, par leur parfum et leur saveur fruitée très prononcée, et aussi par un bouquet spécial probablement dû au terrain.

IV. — VINS DU MINERVOIS

Situation viticole.

De Caunes à Tourouzelle, en passant au-dessus de Félines, Cesseras et Oupia, les montagnes décrivent un cirque de causses calcaires qui entoure la cuvette où se trouve le terroir du Minervois; la chaîne de collines qui suit l'Argent-Double au sud de Peyriac, Rieux et la Redorte, ferme cette cuvette. Là le climat est intermédiaire entre celui de Carcassonne et celui de Narbonne. L'exposition sud de la plupart de ces coteaux favorise la production de la couleur et aussi celle de l'alcool.

Il y a lieu de distinguer les coteaux caillouteux et les alluvions plus ou moins riches et plus ou moins formées aux dépens des coteaux voisins. Il semble que dans cette cuvette les eaux aient amoncelé un diluvium de la montagne Noire, ce dont témoignent les cailloux schisteux ou calcaires des terres de coteaux. Au milieu de ces dépôts, les eaux de l'Argent-Double, de l'Ognon et de quelques ruisseaux parallèles sont venues creuser des vallées et déposer des alluvions plus ou moins formées aux dépens de ces coteaux eux-mêmes. Lorsqu'on se rapproche de l'Aude du côté d'Olonzac, d'Homps ou au pied de la Redorte, les alluvions perdent de plus en plus le caractère de terres minervoises et les vins qu'elles produisent n'ont plus le bouquet spécial que celles-ci leur communiquent; ce sont surtout des alluvions de l'Aude.

Les coteaux sont arides et donnent peu. On y cultive surtout comme cépage le carignan qui fait les vrais minervois. Certains pro-

priétaires y ont planté d'autres cépages, mais il ne semble pas qu'ils aient beaucoup plus de quantité, et la qualité est certainemeut inférieure. Nous citerons notamment le morastel-bouschet dont les sarments rampants se chargent d'une assez grande quantité de raisins et donnent un vin moins désagréable que les autres hybrides bouschets. Ce cépage n'est autre que le croisement du morastel-fleury avec le petit-bouschet.

Vinification.

La vinification dans le Minervois n'offre rien de spécial et se rapproche beaucoup de celle des coteaux du Narbonnais et du Carcassonnais. Les soins de propreté pendant la vendange, la tenue des foudres et de la cave auraient souvent besoin, comme dans les régions précédemment étudiées, d'être améliorés. La surveillance de la température et la durée du cuvage sont encore, avec l'observation de l'acidité dans les moûts, les points principaux sur lesquels le propriétaire doit fixer son attention.

Voici les analyses des vins du Minervois recueillis en 1895. Elles portent sur 28 échantillons dont 25 sont des vins de l'année et 3 seulement des vins de 1894. (Tableau V.)

En déduisant les 6 vins blancs ou gris, on obtient les moyennes suivantes :

Alcool.	10° 51
Acidité totale.	4gr,03
Extrait sec	22 ,82
Cendres.	2 ,30
Crème de tartre	3 ,11
Matières astringentes	2 ,47

Ces chiffres nous indiquent que pour l'alcool et pour l'extrait sec, ces vins se rapprochent de ceux des Corbières.

La dégustation révèle dans tous ces échantillons un bouquet particulier : c'est le bouquet minervois. Il est curieux que les vins blancs ne possèdent pas ce bouquet spécial ; 3 sur 5 que comprend ce tableau sont remarquables cependant par leur moelleux, leur finesse et leur bouquet. Il semble que le piquepoul puisse donner

TA

NUMÉROS.	COMMUNES.	TERRAINS.	CÉPAGES.	NATURE.	ANNÉE.	DENSITÉ.	ALCOOL en volume. p. 100.	ACIDITÉ totale.	EXTRAIT SEC à 100°.
									Minervois
61	Azille.	Diluvium de la montagne Noire	»	B.	1895	0,9929	10°,15	5,02	18,97
62	—	*Idem*	»	B.	—	»	10 ,45	3,97	15,97
64	—	*Idem*	»	R.	—	0,9951	10 ,40	3,62	25,52
65	—	*Idem*	»	R.	—	0,9944	10 ,35	3,92	23,50
65	—	*Idem*	»	R.	—	0,9946	11 ,0	3,97	22,50
66	—	*Idem*	»	R.	—	0,9943	9 ,70	3,78	20,80
67	—	*Idem*	»	R.	—	0,9942	10 ,45	3,50	21,72
68	—	*Idem*	»	R.	—	0,9951	10 ,30	3,88	23,35
69	—	*Idem*	»	B.	—	»	11 ,45	3,95	23,50
69	—	*Idem*	»	R.	—	0,9954	10 ,70	4,47	24,70
109	—	*Idem*	»	R.	—	0,9947	10 ,45	3,66	22,35
110	Pépieux	*Idem*	»	R.	—	0,9934	12 ,55	3,60	22,90
111	—	*Idem*	»	R.	—	0,9953	10 ,50	3,94	25,40
128	Laure	*Idem*	»	R.	—	0,9941	10 ,90	4,75	22,72
143	Azille	*Idem*	»	R.	—	0,9953	11 ,0	4,10	25,45
143	—	*Idem*	»	B.	—	0,9933	10 ,65	5,37	19,40
148	Homps	*Idem* et alluvions. . .	»	R.	—	0,9961	10 ,15	4,16	21,95
171	Azille.	*Idem*	Aramon, carignan	R.	—	0,9963	9 ,40	3,58	23,25
172	—	*Idem*	Aramon.	B.	—	0,9940	10 ,20	5,98	14,05
112	La Redorte. . . .	*Idem* et alluvions. . .	Aramon $^2/_3$, carignan $^1/_3$ . .	R.	—	0,9943	8 ,30	5,65	19,97
112	—	*Idem* et alluvions. . .	Terret-bourret	G.	—	0,9939	8 ,90	5,08	20,60
128	Laure	*Idem*	»	R.	1894	0,9953	11 ,0	4,06	23,40
149	Homps	*Idem*	Carignan $^1/_3$, aramon $^2/_3$ . .	R.	—	0,9949	9 ,40	4,58	16,37
150	—	Alluvions de l'Aude et diluvium.	Carignan	R.	—	0,9949	8 ,5	5,26	17,25
									Minervois
139	La Livinière. . .	Diluvium de la montagne Noire	»	R.	1895	0,9949	10°,95	3,70	21,50
140	— . . .	*Idem*	»	R.	—	0,9956	10 ,30	3,82	22,85
141	Félines	*Idem*	»	R.	—	0,9939	11 ,60	3,78	23,30
142	Rieux-Minervois .	*Idem*	»	R.	—	0,9938	11 ,40	4,01	21,60

BLEAU V.

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈME de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION (vinocolorimètre.)	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
rdinaires.								
1,82	0,634	3,82	0	traces	— 0°, 3'	Blanc	15,17	Presque incolore, très légèrement rosé, fruité et frais.
2,20	0,392	3,27	0	1,48	— 0	—	14,42	Jaune, odeur vineuse de piquepoul, frais, moelleux et bouqueté.
2,70	1,85	3,04	2,92	0,85	— 0 , 6'	4e V. R. 0mm,90	14,02	Belle couleur rouge grenat, brillant, parfumé, bouquet minervois prononcé.
2,55	0,28	3,43	2,42	0,89	»	5e V. R. 1 ,30	15,16	Rouge grenat, odeur de carignan, fruité, légère âpreté, bouquet minervois.
2,32	0,52	3,78	2,38	1,66	»	R. 2 ,20	14,97	Neutre, légère âpreté, plat.
2,65	0,39	3,11	2,09	0,42	— 0 ,10'	1er R. 1 ,75	13,48	Brillant, très parfumé, moelleux, bouqueté, mélangé de vin vieux, âpre, légère amertume, goût de bois.
2,30	0,97	2,89	2,76	2,08	— 0 , 6'	1er R. 1 ,60	13,95	Rouge grenat, parfum de carignan, bouquet minervois, légère pointe d'amertume.
3,77	2,33	3,27	2,42	1,76	— 0 , 6'	R. — 2 ,90	14,18	Légèrement voilé, parfum de carignan, droit de goût, a du corps.
1,55	0,67	»	0	5,54	»	Blanc	15,38	Blanc, presque incolore, odeur vineuse et fruitée très prononcée, fin, moelleux, bouqueté,
2,47	1,57	3,08	1,65	2,74	0	5e V. R. 1mm,30	15,17	Assez couvert en couleur, parfumé (sent la rose), a du plein.
2,40	0,52	2,57	2,64	3,23	»	R. 1 ,50	14,10	Rouge grenat, droit de goût, bouquet minervois.
2,45	1,34	2,41	2,09	0,36	— 0 , 4'	3e V. R. 1 ,20	16,15	Rouge grenat, parfumé, bouquet minervois, moelleux, corsé.
2,75	1,57	2,30	2,03	0,86	— 0 , 6'	3e V. R. 1 ,05	13,99	Rouge grenat, un peu louche, parfum de carignan, droit de goût, bouquet minervois.
2,27	0,39	3,64	2,81	1,58	0	R. 1 ,25	15,65	Couleur légère, odeur neutre, a du plein, âpre.
2,35	0,56	4,14	2,81	0,31	— 0 , 6'	R. 1 ,0	15,10	Rouge grenat, odeur de carignan, un peu rude, corsé, légère âpreté, bouquet minervois.
1,67	0,65	3,16	0	0,83	0	Blanc	16,02	Odeur vineuse de piquepoul, moelleux, bouqueté.
2,40	2.05	2,77	1,60	1,36	— 0 , 2'	4e V. R. 1mm,55	14,21	Brillant, parfum de carignan, moelleux et fruité.
2,47	0,34	2,88	2,97	0,94	»	1er R. 1 ,90	12,98	Légèrement voilé, parfum de carignan, a du corps, légère amertume.
1,65	0,32	2,96	0	0,76	»	Blanc	16,18	Jaune et trouble, parfum fruité, a du déboire.
1,57	0,32	3,78	4,61	0,65	— 0 ,10'	»	13,95	Rouge grenat, brillant, corsé, a du corps, léger bouquet minervois.
2,20	0,52	3,70	3,71	0,29	— 0 , 9'	»	13,98	Vin paillet, un peu vert, droit de goût, fruité.
2,40	0,54	3,16	1,87	0,27	— 0 ,10'	5e V. R. 1mm,30	15,06	Couleur un peu légère, odeur vineuse, rude et âpre.
2,35	0,51	2,65	0	0,55	— 0 ,11'	Blanc rosé	13,98	Belle couleur, brillant, odeur neutre, a du corps.
2,25	1,15	4,49	3,38	traces	— 0 ,11'	»	13,76	Louche, parfum de vin vieux passé, très amer.
upérieurs.								
2,10	1,01	3,18	1,60	1,32	— 0°, 4'	4e V. R. 1mm,30	14,65	Couleur rouge grenat, odeur de fruit, moelleux et fruité, bouquet minervois.
3,05	2,24	2,38	2,03	0,56	+ 0 ,10'	3e V. R. 0 ,90	14,12	Couleur rouge grenat, odeur de carignan, droit de goût, fruité, bouquet minervois, très prononcé.
2,42	0,47	3,23	3,0	0,47	— 0 , 6'	3e V. R. 1 ,15	15,38	Couleur rouge grenat, odeur neutre, a du plein, corsé, un peu rude, bouquet minervois.
2,50	0,52	3,38	1,65	0,23	0	1er R. 1 ,50	15,41	Couleur rouge grenat, brillant, fin, moelleux, corsé, bouquet minervois.

dans ces terrains de très bons produits. Dans les vins rouges, le bouquet minervois est surtout prononcé dans deux ou trois échantillons qui, d'ailleurs, ont été primés au concours de Paris.

La couleur de ces vins minervois est aussi remarquable. C'est un rouge grenat qui leur est particulier.

Beaucoup sont bien constitués, ils ont du corps et possèdent un chiffre d'extrait sec assez élevé. Un certain nombre cependant manquent d'acidité, mais il faut remarquer pourtant que les plus acides ne possèdent pas le bouquet qui caractérise les vins de cette région. Il semble que l'acidité doive se maintenir entre $3^{gr},5$ et 4 gr. pour que ce bouquet apparaisse franchement. C'est là une acidité plutôt faible et ce serait spécial à cette région.

Un seul vin est plâtré au delà de la dose légale, ce qui ne l'a pas empêché d'être primé.

Quant aux matières astringentes, soit à cause de la couleur, soit à cause du cépage, elles atteignent $2^{gr},5$ et parfois tout près de 3 gr. par litre sans que la dégustation dévoile une âpreté ou une rudesse désagréables dans le vin. Les trois échantillons qui atteignent ou dépassent 3 gr. sont rudes ou âpres.

V. — VINS DE CARCASSONNE

Situation viticole.

Le vignoble de Carcassonne s'étage sur les coteaux qui entourent l'Aude et ses affluents entre la montagne Noire, le mont Alaric et le massif de la Malpeyre.

Nous avons indiqué les caractères climatériques de cette région qui sert de transition pour ainsi dire entre le climat girondin et celui de la Méditerranée. La plus grande fréquence des pluies permet déjà la culture des céréales, des prairies, du maïs qui couvrent une partie notable des terres cultivées, alors que dans le Narbonnais on n'en rencontre pour ainsi dire pas.

Les terres détritiques de l'âge éocène servent d'assise à la très majeure partie du vignoble de Carcassonne. Nous avons signalé la

variété de leur allure : tantôt issues de grès ou poudingues à éléments de grosseur variable, elles donnent des vins ayant plus de bouquet et de finesse ; tantôt argileuses ou sablonneuses, elles sont plus faciles à travailler. Ailleurs elles se présentent sous forme de marnes contenant le calcaire à l'état pulvérulent ; elles donnent alors la chlorose aux vignes greffées. Il est à remarquer que ces calcaires dangereux à éléments fins se trouvent précisément aux endroits les plus éloignés des Pyrénées, dont le soulèvement leur a donné naissance ; ce sont les éléments les plus fins qui ont été entraînés le plus loin par les eaux. C'est ainsi que dans la commune de Laure et dans plusieurs des communes voisines, on a été obligé d'arracher les vignes reconstituées sur riparia, à la suite de la chlorose qui les tuait ; on a replanté en jacquez dans l'espoir d'un résultat meilleur, mais après une courte expérience on a dû y renoncer et arracher de nouveau. On a essayé un grand nombre d'hybrides, mais aucun n'a réussi d'une façon complète. Aujourd'hui, ce vignoble est sauvé grâce au badigeonnage des plaies de taille avec une solution de sulfate de fer, procédé qui réussit complètement.

On comprend généralement dans le vignoble de Carcassonne les vignes de plus en plus éparses que l'on rencontre en se dirigeant vers Castelnaudary.

Au milieu des nombreuses vignes de coteau dont nous venons de parler, il y a quelques plaines donnant des vins plus légers qui pourraient former une classe à part parmi les vins de Carcassonne ; ce sont les plaines d'alluvion du Fresquel, de l'Aude et de l'étang desséché de Marseillette.

Il y aurait plus de raisons encore de faire un groupe à part du petit vignoble de la Montagne-Noire qui s'étend de l'est à l'ouest depuis Caunes jusqu'à Saint-Martin-le-Vieil, comprenant une partie des territoires de Caunes, Villeneuve-les-Chanoines, Villegly, Conques, Sallèles, Salsigne, Aragon, Ventenac, Fraisse, Montolieu, Moussoulens, Raissac et Saint-Martin.

Les terres sont de natures très différentes, presque toutes calcaires ; elles se rattachent aux premières époques de l'éocène, formées aux dépens du calcaire lacustre de Ventenac, des calcaires nummulitiques et des calcaires et argiles de l'étage garumnien.

Dans tout ce vignoble de Carcassonne le carignan est de beaucoup le cépage dominant ; on y rencontre aussi de l'aramon, un peu de grenache et des hybrides bouschets ; parmi ceux-ci il faut citer le grand noir de la Calmette qui est plus répandu que dans les régions précédentes ; son vin est d'ailleurs moins désagréable et plus fin que celui des autres bouschets ; il est vrai qu'il a moins de degré, mais d'autre part ce cépage a l'avantage de résister très bien aux maladies cryptogamiques.

Vinification.

A part quelques vins légers de plaine, les vins du vignoble de Carcassonne se vendent très bien directement à la consommation. Ils sont bien constitués et généralement neutres de goût. Un certain nombre de propriétaires ont cherché à se faire une clientèle bourgeoise et à lui écouler directement leurs récoltes ; il semble qu'ils aient mieux réussi qu'ailleurs.

La vinification s'effectue ici dans les mêmes conditions que dans le Minervois ou dans les basses Corbières, mais le climat moins chaud oblige à vendanger plus tard. Ici encore le principal intérêt consiste à déterminer d'une façon aussi précise que possible l'époque la plus avantageuse pour effectuer la vendange et à limiter la durée du cuvage de façon à obtenir des vins neutres de goût.

Voici les analyses que nous avons faites de 71 échantillons de vins de Carcassonne dont 7 de la Montagne-Noire. Les 64 qui appartiennent à proprement parler au vignoble de Carcassonne comprennent 58 vins de l'année 1895 et 6 vins vieux.

Voici les moyennes qu'ont données ces analyses pour les 54 vins rouges de Carcassonne et pour les 7 de la Montagne-Noire.

	Carcassonne.	Montagne-Noire.
	—	—
Alcool	9° 40	9° 25
Acidité totale	4gr,67	4gr,58
Extrait sec	22 ,45	23 ,36
Cendres	2 ,77	3 ,16
Crème de tartre	4 ,00	4 ,01
Matières astringentes	3 ,09	3 ,61

Ce sont là des chiffres qui répondent très bien à la composition des vins de table.

En examinant les résultats de l'analyse de cette longue série de vins de Carcassonne nous retrouverons des observations déjà faites; l'une des plus saillantes est relative à l'acidité. Ces vins ont, en général, une acidité plus forte que ceux des régions déjà examinées. Cela tient évidemment à une maturité moins avancée au moment de la récolte; ceux dont l'acidité est la plus élevée sont en général notés comme frais ou même un peu verts à la dégustation; quelques-uns même, chez lesquels cette acidité est exagérée, ont au goût une acidité désagréable. Chez d'autres, l'acidité est voilée par une astringence prononcée que confirme le dosage du tannin.

Le chiffre des matières astringentes est souvent très élevé et un assez grand nombre de ces vins sont notés pour leur âpreté. Il y a certainement là une influence du mildiou qui était très abondant en 1895, mais il y a aussi certainement l'influence d'un cuvage trop prolongé.

Nous noterons en passant quelques vins ayant un caractère spécial: l'un, le n° 55, possède un léger goût de cacao dû probablement à ce qu'il a été placé dans une bouteille ou au contact d'un bouchon ayant servi à une liqueur de cacao; un autre, le n° 124, est remarquable par le parfum et le goût de cidre qu'il possède à un haut degré; il serait intéressant de savoir si ce vin a subi l'action de levures de cidre ou s'il a été mis en contact avec des récipients mal lavés ayant contenu du cidre; dans le premier cas ce serait une confirmation nouvelle des expériences de Pasteur. Citons encore le n° 131 qui sent la peinture, un autre qui possède un léger goût de bois, le vin gris n° 170 qui a un goût léger de levure, le n° 132 qui a un goût de moisi. Ces quelques faits relevés dans ce tableau montrent qu'un petit manque de soin dans la fabrication ou la manipulation des vins peut quelquefois leur être très préjudiciable.

Des raisins atteints de mildiou comme beaucoup de ceux récoltés en 1895 doivent, de plus, être traités avec un soin tout particulier; quelques-uns de ces vins dégustés aux mois de mai et de juin 1896 possédaient déjà un goût tourné ou amer; généralement ces maladies qui se développent lentement dans le vin peuvent être évitées lors-

TA

NUMÉROS.	COMMUNES.	TERRAINS.	CÉPAGES.	NATURE.	ANNÉE.	DENSITÉ.	ALCOOL en volume. p. 100.	ACIDITÉ totale.	EXTRAIT SEC à 100°.
									Carcas
51	Conques.	Nummulitique et carcassien	»	R.	1895	0,9952	10°,20	4,72	24,17
54	Carcassonne. . .	Carcassien.	»	R.	—	0,9952	9 ,30	4,56	25,60
54	— . . .	*Idem*	»	B.	—	0,9932	9 ,40	6,48	19,47
55	— . . .	Alluvions de l'Aude et carcassien	»	R.	—	0,9958	8 ,2	4,56	27,07
56	— . . .	*Idem*	»	R.	—	0,9953	8 ,6	5,28	23,20
57	— . . .	*Idem*	Aramon, carignan	R.	—	0,9950	9 ,60	5,36	24,67
58	— . . .	*Idem*	»	R.	—	0,9963	7 ,95	4,86	21,12
60	Villalier.	Alluvions de l'Orbiel et carcassien. . . .	»	R.	—	0,9947	10 ,50	4,77	24,22
89	Carcassonne. . .	Carcassien.	»	R.	—	0,9953	10 ,05	4,39	25,32
90	— . . .	*Idem*	»	R.	—	0,9956	9 ,20	4,67	25,05
91	— . . .	*Idem*	Aramon $^{4}/_{7}$, carignan $^{2}/_{7}$, bouschet $^{1}/_{7}$	R.	—	0,9971	7 ,70	6,27	24,27
92	— . . .	*Idem*	»	R.	—	0,9948	8 ,70	4,82	20,97
93	— . . .	*Idem*	»	R.	—	0,9960	6 ,40	4,93	19,87
94	— . . .	*Idem*	»	R.	—	»	8 ,0	5,66	25,85
95	Pennautier. . . .	Alluvions du Fresquel et carcassien. . . .	Alicante-bouschet	R.	—	0,9962	9 ,20	4,84	25,50
95	— . . .	*Idem*	»	B.	—	»	10 ,05	4,52	14,60
95	— . . .	*Idem*	Riparia, othello	R.	—	0,9985	7 ,5	5,77	21,92
95	— . . .	*Idem*	Aramon	R.	—	0,9938	10 ,20	4,75	21,45
96	— . . .	Carcassien.	»	R.	—	0,9962	9 ,90	4,67	20,17
97	— . . .	Alluvions du Fresquel et carcassien. . . .	»	R.	—	0,9951	8 ,90	4,65	22,30
98	Moussoulens. . .	Calcaire de Ventenac.	»	R.	—	0,9937	8 ,70	4,65	20,82
99	Montréal	Carcassien.	»	R.	—	0,9950	8 ,70	4,24	20,53
100	Sainte-Eulalie . .	Alluvions du Fresquel.	»	R.	—	0,9980	8 ,35	5,71	21,37
101	Villesèque-Lande.	Alluvions du Fresquel et carcassien	»	R.	—	0,9962	10 ,40	4,06	23,57

BLEAU VI.

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈMES de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION (vinocolorimètre).	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
sonne.								
2,52	0,30	4,97	4,08	0,43	— 0°, 8′	»	14,72	Brillant, neutre, très astringent, a du corps.
2,65	0,45	3,85	3,17	0,48	— 0 ,16′	»	13,86	— odeur et légère âpreté de bouschet, a du plein.
2,0	0,37	2,40	0	0,92	— 0 , 3′	Blanc	15,98	Incolore, parfum fruité, moelleux, léger goût de soufre au déboire.
2,47	0,09	3,89	2,86	0,58	— 0 , 4′	»	12,76	Un peu léger en couleur, légèrement voilé, moelleux, odeur et léger goût de cacao.
2,37	0,21	3,64	3,47	0,34	— 0 , 7′	»	13,81	Brillant, odeur de carignan, neutre de goût, frais, un peu vert.
2,15	0,32	2,89	3,59	0,42	— 0 , 6′	»	14,96	Belle couleur, brillant, odeur et légère âpreté de bouschet frais, a du corps.
2,57	0,15	3,39	3,28	0,63	— 0 , 9′	»	12,81	Léger en couleur, parfum fruité, frais, vert.
2,25	0,43	3,85	3,89	0,30	— 0 , 8′	»	15,27	— brillant, neutre de goût, légère âpreté.
3,47	0,45	3,14	3,47	0,23	— 0 ,13′	»	14,44	Brillant, neutre, léger goût de vin vieux.
2,17	0,11	3,35	3,17	0,69	— 0 , 9′	»	13,87	Belle couleur, brillant, neutre, moelleux.
2,07	0,72	3,60	2,13	0,63	— 0 , 3′	»	13,97	Léger en couleur, brillant, odeur particulière, acide et nerveux.
2,20	0,52	3,06	3,10	0,38	— 0 , 6′	»	13,52	Léger en couleur, brillant, parfumé, légère astringence.
1,92	0,32	3,97	1,88	0,48	— 0 , 9′	»	11,35	Très léger en couleur, parfum de vin vieux, frais, plat.
4,25	0,15	»	2,74	traces	0	»	13,66	Brillant, odeur et légère astringence de bouschet.
2,85	0,82	3,93	4,32	»	— 0 , 4′	»	14,04	Belle couleur, brillant, légère âpreté, un peu rude.
2,10	0,11	»	0	traces	— 0 , 5′	Blanc	14,87	Couleur chamois, odeur et goût de décomposition désagréables (acide butyrique).
5,67	0,58	2,69	3,96	»	— 0 , 5′	»	13,27	Très couvert en couleur, odeur parfumée des américains, goût foxé prononcé.
2,77	0,30	2,77	3,53	traces	— 0 , 3′	»	14,95	Léger en couleur, frais, légère amertume, goût étranger.
3,75	2,35	2,85	5,66	—	— 0 , 7′	»	14,57	Brillant, parfum de carignan, âpre.
3,42	0,56	3,90	2,67	—	0	»	13,55	— parfumé, neutre de goût, a du plein.
3,60	0,45	4,37	3,28	0,78	»	»	13,35	Trouble, léger parfum de bouschet, frais.
2,60	»	4,65	2,55	0,39	0	»	12,94	Belle couleur, brillant, parfumé, légère âpreté au déboire.
2,62	0,80	5,53	3,41	1,04	»	»	14,06	Légèrement voilé, parfum fruité, frais, verdeur agréable.
4,22	0,39	4,33	3,10	1,43	+ 0 , 4′	»	14,46	Belle couleur, brillant, neutre de goût.

TABLEAU

NUMÉROS.	COMMUNES.	TERRAINS.	CÉPAGES.	NATURE.	ANNÉE.	DENSITÉ.	ALCOOL en volume. p. 100.	ACIDITÉ totale.	EXTRAIT SEC à 100°.
									Carcassonne
101	Villesèque-Lande.	Alluvions du Fresquel et carcassien. . . .	»	B.	1895	0,9921	10°,93	5,04	16,55
102	Caux et Sauzens.	Carcassien.	»	R.	—	0,9960	9 ,10	5,02	21,37
103	—	*Idem*	»	R.	—	0,9956	9 ,80	4,73	21,75
104	Villegailhenc . .	*Idem*	»	R.	—	0,9949	9 ,70	4,91	24,62
105	Arzens	*Idem*	»	R.	—	0,9952	9 ,60	4,37	18,95
106	Cavanac.	*Idem*	Carignan, piquepoul	R.	—	0,9954	10 ,20	4,78	23,20
106	—	*Idem*	Aramon, piquepoul	R.	—	0,9955	9 ,90	4,63	22,50
107	Palaja.	*Idem*	»	R.	—	0,9943	10 ,30	4,54	20,95
108	—	*Idem*	»	R.	—	0,9963	8 ,80	4,32	21,50
113	Puichéric	Alluvions d'étang et de l'Aude.	»	B.	—	0,9924	10 ,40	4,31	17,10
114	—	Carcassien.	»	R.	—	0,9960	10 ,50	5,94	26,65
115	Marseillette . . .	Carcassien et alluvions	»	R.	—	0,9950	10 ,45	4,18	24,0
116	Saint-Couat . . .	Alluvions de l'Aude .	»	R.	—	0,9945	10 ,05	4,23	20,55
117	Douzens.	Carcassien et alluvions de l'Aude . .	»	R.	—	0,9943	10 ,0	4,60	20,45
118	Capendu.	*Idem*	Carignan, grenache, aramon, terret.	R.	—	0,9957	10 ,15	3,90	24,55
119	—	*Idem*	»	R.	—	0,9955	9 ,50	3,86	21,52
120	—	*Idem*	»	R.	—	0,9951	9 ,80	4,22	21,62
121	Floure.	Carcassien et alluvions de l'Aude. . .	»	R.	—	0,9950	9 ,60	4,05	21,75
122	—	*Idem*	»	R.	—	0,9952	9 ,60	4,27	21,92
123	Trèbes	Alluvions de l'Aude .	»	B.	—	0,9947	8 ,70	6,39	18,20
123	—	*Idem*	»	R.	—	0,9966	8, 90	4,41	25,57
124	—	Carcassien et alluvions de l'Aude . .	Aramon	R.	—	0,9946	9 ,95	4,68	21,77
124	—	*Idem*	Alicante-bouschet	R.	—	0,9977	8 ,50	4,85	26,72
125	Badens	Carcassien.	Aramon 1/2, grenache 1/4, carignan, terret 1/4. . . .	R.	—	0,9940	10 ,30	3,68	21,42
126	—	*Idem*	»	R.	—	0,9949	10 ,50	4,32	23,02
127	Aiguesvives . . .	*Idem*	»	R.	—	0,9946	10 ,35	4,78	22,25

(suite).

(suite).

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈME de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION (vinocolorimètre).	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
1,65	0,45	3,45	0	0,58	»	Blanc	15,99	Sans parfum ni saveur, plat, léger goût de soufre.
2,67	0,47	4,89	3,28	0,53	— 0°,14′	»	14,12	Belle couleur, brillant, odeur et légère âpreté de bouschet, frais, a du plein.
1,83	0,51	4,37	3,40	0,43	— 0 , 9′	»	14,53	Belle couleur, brillant, odeur et légère âpreté de bouschet, a du plein.
2,32	0,30	3,72	3,47	»	0	»	14,61	Brillant, un peu âpre, rude et légère amertume au déboire.
2,52	0,52	4,53	3,22	0,26	— 0 ,12′	»	13,97	Couleur légère un peu louche, fraîcheur agréable.
2,55	0,48	4,89	3,77	traces	— 0 , 4′	»	14,98	Belle couleur, brillant, neutre de goût, âpre, a du corps.
2,55	0,67	4,97	3,47	0,69	— 0 , 8′	»	14,53	Neutre de goût, légère âpreté.
2,25	0,82	4,93	2,61	0,35	— 0 , 8′	»	14,84	Couleur vive, brillant, neutre de goût.
3,25	2,16	4,85	2,49	1,55	»	»	13,12	— — frais, légère pointe d'amertume.
1,32	0,69	3,82	0	0,89	»	Blanc	14,71	Incolore, odeur vineuse, fin.
3,67	3,50	4,47	2,72	0,45	— 0 , 4′	4e V. R. 0mm,90	16,44	Couvert en couleur, un peu louche, acide, a de la mâche.
2,35	1,55	3,56	1,55	1,58	— 0 ,27′	5e V. R. 0 ,95	14,63	Franc de couleur, bouqueté, a du corps.
2,40	0,32	3,47	0,87	0,27	— 0 ,11′	1er R. 1 ,85	14,28	Léger en couleur, brillant, fraîcheur particulière.
2,35	0,43	3,39	2,23	0,55	— 0 ,10′	1er R. 1 ,65	14,60	— légèrement louche, légèrement amer.
4,60	2,60	3,07	2,71	0,23	— 0 ,10′	R. 1 ,55	14,05	Brillant, âpre, rude, légère amertume.
2,57	0,35	3,81	2,76	0,24	— 0 , 9′	3e R. 1 ,95	13,36	Couleur légère, louche, neutre de goût, un peu rude.
2,27	1,32	4,14	1,60	1,29	— 0 , 7′	R. 1 ,25	14,02	Couleur vive, odeur de carignan, neutre de goût, moelleux.
2,50	0,47	3,64	2,71	1,38	— 0 , 9′	1er R. 2 ,00	13,65	Léger en couleur, légèrement louche, fruité, neutre de goût.
2,37	0,65	3,81	2,28	0,54	— 0 , 2′	R. 1 ,25	13,87	Légèrement louche, a du plein, neutre.
2,23	1,16	4,63	0	1,09	— 0 , 6′	Blanc	15,09	Goût de soufre, un peu plat.
3,15	0,75	4,05	3,0	1,35	— 0 , 8′	5e V. R. 1mm,25	13,31	Un peu louche, neutre de goût, âpre.
2,52	0,17	3,96	1,70	1,58	0	1er R. 1 ,65	14,63	— odeur de cidre, verdeur particulière, goût et bouquet de cidre.
2,35	0,34	4,14	3,04	1,26	— 0 , 8′	1er R. 0 ,70	13,35	Très couvert en couleur, odeur et âpreté de bouschet, a de la mâche.
2,65	0,63	»	1,65	0,47	0	2e R. 2 ,40	13,98	Légèrement voilé, odeur particulière, bouqueté, goût de vieux.
2,33	0,52	4,64	2,57	1,66	— 0 ,10′	R. 1 ,25	14,82	Brillant, odeur de carignan, a du corps, léger goût de bois.
2,85	1,81	4,64	3,05	0,48	— 0 , 8′	R. 1 ,50	15,13	Léger louche, odeur de carignan, a du corps, léger déboire.

TABLEAU

NUMÉROS.	COMMUNES.	TERRAINS.	CÉPAGES.	NATURE.	ANNÉE.	DENSITÉ.	ALCOOL en volume.	ACIDITÉ totale.	EXTRAIT SEC à 100°.
							p. 100.		
									Carcassonne
130	Laure	Carcassien	»	R.	1895	0,9943	10°,80	4,43	22,22
131	—	*Idem*	»	R.	—	0,9935	10 ,60	4,23	21,25
134	Villegly	Carcassien et nummulitique	»	R.	—	0,9949	9 ,20	4,62	21,47
135	—	*Idem*	»	R.	—	0,9958	8 ,60	5,14	28,72
136	—	*Idem*	»	R.	—	0,9940	9 ,20	3,97	22,03
137	Villedubert	Carcassien	Aramon $^1/_3$, carignan $^1/_3$, grenache, bouschet $^1/_3$	R.	—	0,9956	8 ,60	4,75	20,67
138	Castelnau	Alluvions de l'Aude	»	R.	—	0,9951	11 ,20	3,46	20,39
170	Carcassonne	Carcassien	Aramon rosé avec levure Cabernet	G.	—	0,9928	8 ,40	5,47	19,45
60	Villalier	Carcassien et alluvions de l'Orbiel	»	R.	1894	0,9951	9 ,25	4,77	20,10
76	Castelnaudary	Carcassien calcaire	Aramon $^1/_2$, bouschet $^1/_2$	R.	—	9,9967	7 ,50	5,22	19,97
93	Carcassonne	Carcassien	»	R.	1893	0,9972	6 ,95	3,55	18,40
105	Arzens	*Idem*	»	R.	1894	0,9964	7 ,70	5,37	19,70
159	Douzens	Carcassien et alluvions de l'Aude	»	R.	—	0,9952	8 ,75	5,57	20,42
169	Badens	Carcassien	»	R.	1895	0,9949	10 ,15	4,25	20,60
									Montagne-
50	Conques	Nummulitique et alluvions de l'Orbiel	»	R.	1895	0,9959	9°,20	4,52	24,10
59	Aragon	Nummulitique	»	R.	—	0,9968	8 ,30	4,69	23,07
132	Caunes	Garumnien et nummulitique	»	R.	—	0,9940	10 ,55	4,63	22,[illegible]
133	—	*Idem*	»	R.	—	0,9941	9 ,5	4,82	24,50
144	St-Martin-le-Vieil	Nummulitique	»	R.	—	0,9973	7 ,75	4,52	19,8[illegible]
145	Caunes	Nummulitique et garumnien	»	R.	—	0,9959	9 ,80	4,40	24,7[illegible]
173	Montolieu	Garumnien	»	R.	—	0,9959	9 ,70	4,48	25,[illegible]

II (*suite*).

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈME de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION (vinocolorimètre).	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
(*suite*).								
2,90	0,71	3,72	2,13	1,12	—0°, 8′	5e V. R. 1mm,05	15,23	Brillant, a du corps.
2,72	0,63	4,56	1,65	0,32	—0 , 3′	3e R. 2 ,90	14,85	Légèrement voilé, rude, odeur et goût d'essence ou de peinture au déboire.
3,27	0,37	4,01	3,17	»	—0 , 5′	»	13,82	Couleur légère, un peu louche, neutre, fraîcheur agréable.
3,64	0,56	4,18	4,08	traces	—0 , 5′	»	13,74	Léger en couleur, très brillant, parfum de carignan, a du corps, verdeur agréable.
2,80	0,91	3,97	5,30	0,23	—0 , 6′	»	13,17	Brillant, parfum de carignan, fruité, âpre.
2,37	0,91	3,72	4,60	0,26	—0 , 8′	»	13,35	— — — amertume prononcée au déboire, goût de bois.
2,75	1,53	2,30	2,28	0,43	—0 , 8′	2e V. R. 1 ,10	14,66	Louche, odeur de carignan, manque de fraîcheur.
1,62	0,28	2,89	0	»	—0 , 4′	Jaune	13,87	Légèrement jaune, fruité, moelleux, un peu vert, léger goût de levure.
2,70	0,67	4,33	3,30	1,06	—0 , 10′	»	14,02	Belle couleur, brillant, âpreté prononcée.
2,32	0,19	3,62	4,54	0,73	—0 , 15′	»	12,72	Couleur légère pelure d'oignon, odeur vineuse, âpre, tient aux dents.
2,20	0,86	4,01	4,46	»	»	»	12,50	Couleur légère, très brillant, droit de goût, légère âpreté.
2,40	0,85	4,01	3,05	traces	—0 , 10′	»	13,07	— droit de goût, acidité sensible.
2,17	0,67	4,10	3,90	traces	—0 , 9′	»	14,32	Odeur de carignan, neutre de goût, acide.
2,30	0,37	3,31	2,52	0,75	—0 , 6′	R. 1mm,85	14,40	Légèrement voilé, parfum particulier, neutre de goût.
loire.								
2,80	0,20	3,93	3,47	0,62	—0°, 8′	»	13,72	Couleur plutôt légère, brillant, moelleux, légère âpreté.
3,62	0,76	4,01	3,16	0,56	—0 , 11′	»	12,99	— un peu louche, légère âpreté.
2,50	0,19	3,97	3,53	0,39	—0 , 8′	»	13,18	Belle couleur, moelleux, a du corps, légère âpreté, goût de bois ou de moisi au déboire.
2,95	0,18	3,89	3,71	0,45	—0 , 2′	»	14,32	Belle couleur, moelleux, a du corps, âpre.
3,57	2,02	4,73	3,41	0,65	—0 , 4′	»	12,27	Couleur légère, brillant, parfumé, âpreté prononcée, goût de rafle.
3,80	0,67	3,93	3,83	2,40	»	»	14,20	Belle couleur, moelleux, bouqueté, légère âpreté.
3,0	0,63	3,93	4,20	0,53	—0 , 4′	»	14,18	Couvert en couleur, très léger louche, neutre de goût.

que l'on a soin de mettre de côté les vendanges altérées et lorsque l'on surveille de près la fermentation.

Je dirai encore un mot des vins produits dans la Montagne-Noire; ils se présentent tous avec une bonne acidité variant de $4^{gr},5$ à 5 grammes, mais ils ont une richesse en tannin élevée qui se manifeste par une âpreté sensible ou un goût de rafle désagréable.

VI. — VINS DE LIMOUX

Situation viticole.

Le vignoble de Limoux diffère surtout de celui de Carcassonne par une différence d'altitude. Tous ses vins sont des vins de coteau. Dans cette région les orages sont plus abondants et la grêle fait souvent des dégâts d'une certaine importance. La température est plus froide et, partant, la récolte plus tardive; les gelées printanières sont souvent à craindre surtout dans les bas-fonds.

Le sol est presque partout formé aux dépens des mêmes terrains détritiques de l'époque éocène, mais, par suite de la proximité de la montagne, les éléments sont généralement plus grossiers, les cailloux plus volumineux. Il semble qu'il y ait partout coïncidence entre cette allure du terrain et le bouquet qui se développe dans les vins qu'il produit; aussi est-il naturel de rapporter à ce fait la présence d'un bouquet particulier dans les vins de Limoux. Pour certains commerçants qui achètent volontiers les carcassonnes parce qu'ils sont neutres de goût, les limoux ne peuvent convenir précisément à cause de ce bouquet. Les plaines, d'ailleurs très restreintes, qui bordent l'Aude, ont elles-mêmes le caractère de terrains à gros éléments; le sol y est pauvre, la culture plus difficile et le bouquet se manifeste dans les vins qu'elles produisent aussi bien que dans les vins de coteau.

Les cépages cultivés dans le Limouxin sont à peu près les mêmes que dans le Carcassonnais; le carignan domine et donne souvent au vin une rudesse désagréable; parmi les bouschets il faut citer le grand noir de la Calmette qui prend la même extension que dans les environs de Carcassonne.

Nous devons ici mentionner d'une façon spéciale parmi les cépages que l'on cultive, la clairette ou blanquette et le mosak, cépages blancs qui servent de base à la production des vins blancs mousseux appelés blanquettes de Limoux. La production de ces blanquettes qui était presque tombée à la suite de la crise phylloxérique semble reprendre aujourd'hui. C'est là un produit très spécial au pays, qu'il serait heureux de voir se développer davantage. Dans d'autres régions du vignoble français on est arrivé à faire un commerce important de vins blancs mousseux, plus ou moins analogues au champagne, qui n'ont certainement pas des qualités supérieures à celles des blanquettes de Limoux. Nous pouvons donner comme exemples les vins de Vouvray dans la Touraine et ceux de Saint-Péray dans l'Ardèche. Il y a donc intérêt à encourager la fabrication de ces blanquettes, dont le débouché serait très vite assuré.

Vinification.

Au point de vue de la vinification les habitudes des propriétaires du Limouxin se rapprochent beaucoup de celles du Carcassonnais. La durée du cuvage y est peut-être plus prolongée, la vendange y est plus tardive. Nous ne pourrions que répéter ici ce que nous avons dit antérieurement.

Nous rapportons l'analyse de 18 vins de Limoux de la récolte 1895. Ils comprennent 16 vins rouges, 1 vin blanc et 1 vin gris; nous y avons ajouté 1 vin rouge de 1894; nous n'avons malheureusement pas d'échantillon de blanquette mousseuse.

Les 16 vins rouges donnent comme moyennes les chiffres suivants:

Alcool	9° 54
Acidité totale	4gr,94
Extrait sec	21 ,72
Cendres	2 ,69
Crème de tartre	3 ,69
Matières astringentes	3 ,36

D'après ces chiffres les vins de Limoux ont bien encore la composition moyenne des vins de table et peuvent s'écouler très facilement à la consommation. Nous ferons seulement observer que leur degré



NUMÉROS.	COMMUNES.	TERRAINS.	CÉPAGES.	NATURE.	ANNÉE.	DENSITÉ.	ALCOOL en volume.	ACIDITÉ totale.	EXTRAIT SEC à 100°
							p. 100.		
52	Leuc	Carcassien et alluvions du Lauquet. .	Carignan, aramon, terret. .	R.	1895	0,9976	7°,80	4,28	19,[illegible]
53	—	*Idem*	—	R.	—	0,9966	9 ,95	6,0	22,[illegible]
70	Limoux	Carcassien.	»	R.	—	0,9936	10 ,75	4,54	22,[illegible]
71	Cournanel	Carcassien et alluvions de l'Aude. . .	»	R.	—	0,9960	10 ,0	4,58	22,[illegible]
72	Saint-Hilaire. . .	Carcassien et alluvions du Lauquet.	»	R.	—	0,9974	10 ,55	6,25	23,27
73	— . .	*Idem*	»	R.	—	0,9968	10 ,30	4,73	22,8[illegible]
74	Couiza.	Nummulitique	»	R.	—	0,9924	10 ,35	4,58	18,9[illegible]
75	Rouffiac	Carcassien et alluvions de l'Aude . .	»	R.	—	0,9957	10 ,25	5,48	20,9[illegible]
77	Campagne	Garumnien et alluvions de l'Aude . .	»	R.	—	0,9946	9 ,30	4,83	21,5[illegible]
77	—	*Idem*	»	G.	—	0,990	12 ,0	4,64	18,[illegible]
78	Vendemies. . . .	Carcassien.	Carignan $^1/_2$, aramon $^1/_3$, bouschet.	R.	—	0,9951	9 ,25	4,60	20,[illegible]
79	Fa.	Carcassien et nummulitique.	Aramon, carignan, cinsaut, clairette, piquepoul . . .	R.	—	0,9950	9 ,90	4,65	21,[illegible]
80	Brugairolles . . .	Carcassien et alluvions	»	R.	—	0,9972	8 ,40	4,90	19,[illegible]
81	— . . .	*Idem*	»	R.	—	0,9955	9 ,60	4,98	22,[illegible]
82	Ladern	Carcassien et alluvions du Lauquet .	»	R.	—	0,9976	9 ,60	4,52	23,[illegible]
83	—	Carcassien.	»	R.	—	0,9976	7 ,85	5,69	19,[illegible]
84	Quillan	Marnes et grès albiens.	»	B.	—	0,9913	10 ,35	4,33	15,[illegible]
85	Gardie.	Carcassien.	»	R.	—	0,9974	10 ,30	5,02	24,[illegible]
53	Leuc	Carcassien et alluvions du Lauquet.	Carignan, aramon, terret .	R.	1894	0,9946	8 ,50	5,39	17,[illegible]

EAU VII.

CENDRES.	SULFATE de potasse.	CRÈME de tartre.	MATIÈRES astringentes.	SUCRE réducteur.	DÉVIATION polarimétrique.	COLORATION (vinocolorimètre).	SOMME alcool + acide.	DÉGUSTATION ET OBSERVATIONS.
oux.								
,33	1,32	»	4,70	traces	— 0°, 6′	»	12,08	Couleur légère, louche, odeur de décomposition (mildiousé).
,35	0,58	»	4,37	0,38	— 0 , 2′	»	15,95	Couvert en couleur, odeur et âpreté de bouschet, légèrement voilé.
,70	0,23	3,44	2,79	1,22	— 0 , 3′	»	15,29	Couleur franche, bouquet particulier, droit de goût, un peu rude.
,45	3,64	3,36	2,05	0,65	— 0 , 7′	»	14,58	Couleur plutôt légère, bouquet particulier, rude, légère amertume au déboire.
,20	0,47	4,01	3,40	1,78	— 0 , 2′	»	16,80	Belle couleur, vif, brillant, bouquet particulier, âpre et acide.
,30	0,50	4,65	3,05	1,20	— 0 , 2′	»	15,03	Couleur peu franche, léger goût de tourne.
,25	0,41	2,88	2,98	0,65	— 0 , 4′	»	14,93	Belle couleur, brillant, odeur vineuse, fruité, moelleux, bouquet particulier.
,02	0,52	3,70	3,60	0,78	0	»	15,73	Belle couleur, brillant, parfum fruité, un peu acide, rude.
,30	0,39	3,36	2,54	0,56	— 0 , 9′	»	14,13	— — — droit de goût, un peu rude.
,60	0,58	2,48	0	0,78	— 0 , 6′	Gris-Blanc	16,64	Parfum fruité, moelleux, droit de goût.
,67	0,86	3,76	2,30	0,56	— 0 , 6′	»	13,85	Couvert en couleur, brillant, un peu vert, fin.
,87	2,46	2,72	2,84	0,73	— 0 , 9′	»	14,55	Brillant, droit de goût, bouquet agréable.
,41	1,27	3,29	4,44	0,63	0	»	13,30	Couleur légère, légèrement voilé, odeur désagréable, légèrement amer.
,82	1,72	3,12	2,64	1,15	— 0 , 6′	»	14,58	Odeur de carignan, un peu rude.
,27	0,41	4,57	3,60	1,06	»	»	14,12	Brillant, rude, légère âpreté.
,40	0,67	4,57	3,67	traces	— 0 , 8′	»	12,94	Léger en couleur, âpreté prononcée.
,66	0,60	3,28	0	0,83	+ 0 , 3′	Blanc	11,68	Parfumé, moelleux, a de la finesse.
,12	0,62	4,33	4,64	2,18	— 0 ,11′	»	15,32	Belle couleur, âpre, un peu vert.
,30	0,26	»	3,60	0,23	0	»	13,89	Brillant, léger goût de bois.

d'acidité est plus élevé déjà que ceux de Carcassonne, leur extrait moindre ; ils se rapprochent davantage de la composition des vins des régions plus froides, ils sont plus tendres. Notons encore en passant que le chiffre moyen donné pour les matières astringentes est déjà élevé.

A la dégustation on relève souvent un bouquet particulier qui n'est autre que le bouquet des vins de Limoux. Soit à cause du mildiou, soit surtout peut-être à cause d'un cuvage prolongé, un certain nombre de ces vins manifestent au palais une âpreté très sensible. Plusieurs possèdent une rudesse prononcée, due sans doute au cépage, mais aussi à une acidité un peu élevée ; quelques-uns même sont nettement acides, le n° 72 notamment manifeste une acidité qui colle aux dents et qui est due sans doute à une addition exagérée d'acide tartrique.

L'astringence et l'acidité qui sont les seuls défauts à relever dans ces vins se reconnaissent nettement à l'analyse.

Nous insistons particulièrement pour cette région, qui en a peut-être plus besoin que d'autres, sur les dangers et sur l'utilité de l'addition d'acide tartrique à la vendange. Il est nécessaire, avant de faire cette opération, de bien connaître quelle est l'acidité du moût. Il peut être en effet très avantageux d'ajouter de l'acide tartrique dans une vendange récoltée à maturité complète : on aura un degré alcoolique plus élevé, plus de couleur et l'acide tartrique ajouté assurera la fixité de cette couleur ; mais la même opération dans une vendange récoltée 8 ou 10 jours plus tôt pourrait donner au vin une acidité exagérée et désagréable au palais, et, au lieu de fixer la matière colorante, l'acide tartrique pourrait ronger la couleur, suivant l'expression consacrée.

CONCLUSIONS

De toutes les observations que nous venons de relater il ressort nettement que le département de l'Aude produit actuellement des vins très variés et de qualités remarquables ; les vins légers des

plaines frais et nerveux, les riches vins de coupage des Corbières peuvent faire face à toutes les combinaisons du commerce. Les narbonnes montagne, les carcassonnes, les limoux peuvent satisfaire les bourgeois les plus difficiles sur la qualité de leur ordinaire. Les minervois peuvent, par leur bouquet, se classer souvent dans les vins fins.

On nous reprochera peut-être d'avoir un peu trop appuyé sur les quelques défauts de certains des vins présentés ; nous ne l'avons fait que pour bien faire sentir les inconvénients qui peuvent résulter de certaines négligences apportées dans la vinification, et nous espérons rendre quelques services à la propriété en signalant le remède à côté du mal.

Bien souvent les vins gardent un germe d'altération qui ne se développe que les années suivantes. On a reproché quelquefois aux vins du Midi de ne pas pouvoir se garder. C'est là un reproche qui n'est pas justifié. Les vins de 1895, que nous avons examinés, ont été dégustés en mai et juin 1896 ; soumis en janvier et février 1897 à une nouvelle dégustation, ils ont donné lieu à des remarques intéressantes.

Un grand nombre des vins, dans lesquels nous avons relevé l'an dernier une altération même très peu sensible, sont, il est vrai, maintenant tournés ou amers. Ce sont là les deux maladies les plus à craindre pour les vins de l'Aude. La casse et autres maladies également graves se déclarent beaucoup plus tôt et n'atteignent que très rarement les vins vieux. Cette altération tardive d'un certain nombre des vins de 1895 peut se produire chaque année et c'est certainement là ce qui a motivé les reproches que nous signalions tout à l'heure. Aussi croyons-nous utile d'insister sur ce fait que la grande majorité, sinon la totalité des vins qui se sont ainsi altérés, possédaient déjà huit mois plus tôt une marque de défectuosité, si faible soit-elle, qui, la plupart du temps, se traduisait dans l'analyse chimique comme nous l'avons fait observer.

Les vins, au contraire, dont la composition chimique est normale se sont en général bien conservés et il n'y a pas de raison pour qu'un vin s'altère la seconde ou la troisième année s'il a été bien fait, c'est-à-dire s'il ne porte pas dès sa naissance le germe d'une maladie.

Nous avons indiqué suffisamment les procédés de vinification qui

permettent de se débarrasser de ces germes ou d'entraver leur développement pour ne pas avoir besoin de les rappeler à nouveau en détail. Mais nous insistons sur ce fait que tout progrès dans la vinification doit tendre au développement normal de la levure et à l'absence des germes de maladie et des goûts étrangers. Les soins de propreté dans les manipulations de la vendange et des récipients vinaires, l'appréciation aussi précise que possible du degré de maturité des raisins au moment de la récolte, la surveillance de la température pendant le cuvage et la réfrigération du moût si cela est nécessaire, la mise en pratique du remontage du moût à la cuve et des opérations qui facilitent la macération afin de pouvoir décuver dès que le vin est sec, enfin les soins de conservation : ouillage, soutirage, etc., sont les points principaux sur lesquels le viticulteur doit porter son attention.

Nous avons indiqué dans chacun des chapitres la composition moyenne des vins analysés. Il nous reste à interpréter les résultats de l'analyse au point de vue de la détermination des fraudes et des falsifications. Nous espérons que ces analyses d'échantillons, sur lesquels nous avons cherché à avoir toutes les garanties possibles d'authenticité, pourront servir de base ou de points de comparaison aux experts lorsqu'ils auront à se prononcer sur des vins de la récolte de 1895 originaires de l'Aude. Dans la détermination du mouillage, notamment, ces comparaisons sont toujours pour eux d'un grand secours.

En examinant de près les vins analysés dans ce travail on en relève 7 sur plus de 200 qui, *à priori,* pourraient être soupçonnés de mouillage. Leur somme alcool + acide est en effet inférieure à 12,5. Mais en examinant ces échantillons plus à fond on peut se rendre compte que la plupart renferment une proportion notable de vin d'aramon ; c'est ainsi que les nos 1 et 146 dans les narbonnes plaine, les nos 164 et 166 dans les basses Corbières, le no 52 parmi les vins de Limoux, contiennent tous de l'aramon en proportion notable : leur somme alcool + acide varie de 12 à 12,5. On ne peut donc pas dire que ces vins soient mouillés puisque ce chiffre peut quelquefois s'abaisser jusqu'à 11,5 pour les aramons. Quant aux nos 93 et 144, il est regrettable que nous n'ayons pu nous procurer sur leur origine des ren-

seignements plus complets; il est possible qu'ils contiennent de l'aramon, ce qui serait cependant plutôt exceptionnel dans la région du n° 144. Dans tous les cas, ces deux vins sont altérés, ont tourné depuis à l'amer et ils ne peuvent être pris comme types. La règle de M. Gautier est donc cette année exacte pour tous les crus de l'Aude que nous avons eu à examiner.

Quoi qu'il en soit, il y a un fait qui saute aux yeux dans le tableau suivant où nous indiquons la moyenne de la somme alcool + acide pour les vins de chaque groupe : c'est la différence énorme qu'il y a entre les vins qui proviennent de régions différentes.

	SOMME alcool + acide.	QUANTITÉ d'eau à ajouter pour que le mouillage puisse se découvrir.
	—	—
Narbonnes plaine	13,43	6,93
— demi-montagne	13,90	10,1
— montagne	14,15	11,7
— premier choix	14,26	12,4
Hautes-Corbières	16,51	24,3
Basses-Corbières	14,04	11,0
Corbières carcassonnaises	14,35	12,9
Minervois	14,69	15,0
Carcassonne	14,13	11,6
Montagne-Noire	13,84	9,7
Limoux	14,68	14,9

Tandis qu'il suffit d'ajouter 7 p. 100 d'eau en moyenne dans les narbonnes plaine pour que le mouillage puisse être décelé, il faut ajouter 25 p. 100 dans les vins des Corbières. On pourrait donc mouiller impunément dans de grandes proportions les vins de coupage, tandis qu'une faible addition d'eau dans les vins légers serait punie. Aussi croyons-nous que les experts et les tribunaux doivent être beaucoup plus sévères pour les premiers. Quoique cette règle ne soit pas la seule qui permette de reconnaître le mouillage, les autres donnent en général des variations dans le même sens. Si l'on trouve pour un gros vin qu'il contient au moins 10 p. 100 d'eau, cela veut dire en général qu'il doit en contenir 20 ou 30 p. 100 et l'on ne doit pas lui accorder la même tolérance qu'on pourrait admettre pour les vins de plaine.

Nous n'insisterons pas autrement sur la recherche des autres falsifications. Le mouillage est certainement la fraude de beaucoup la plus commune, celle qui est le plus difficile à reconnaître et qui apporte aux vins naturels la concurrence la plus sérieuse. Il était utile de montrer l'approximation que l'on peut avoir dans la recherche de cette fraude; on voit qu'il peut y avoir un aléa considérable dans la détermination de la proportion d'eau ajoutée, et l'expert qui ne possède pas de point de repère et qui s'en tient à des minima pour être sûr de ne pas faire condamner à tort, peut être amené pour certains vins, comme nous venons de le voir, à déclarer l'absence de mouillage alors qu'on a ajouté 25 p. 100 d'eau. Avec des points de comparaison au contraire, tels que ceux que peuvent fournir des travaux du genre de celui que nous publions, le mouillage peut être décelé avec une approximation beaucoup plus grande et l'expert ne commettra jamais, pour la tranquillité de sa conscience, des erreurs comme celles que nous venons de rapporter.

C'est dans l'intention de faire ces analyses chaque année, que nous demanderons à la Société centrale d'agriculture de l'Aude et au Comice agricole de Narbonne de nous continuer leur concours.

Un autre fait intéressant, c'est de relever dans les tableaux d'analyse précédents les vins non plâtrés, ceux qui sont plâtrés au-dessous de la dose légale et ceux qui sont surplâtrés. Le tableau suivant l'indique d'une façon assez édifiante :

	VINS		
	non plâtrés.	plâtrés au-dessous de la dose légale.	surplâtrés.
Narbonnes plaine	13	2	4
— demi-montagne	3	2	4
— montagne	17	1	3
— premier choix	5	4	2
Hautes-Corbières	8	3	0
Basses-Corbières	5	7	2
Corbières carcassonnaises	5	2	0
Minervois	18	6	3
Carcassonne	54	8	4
Montagne-Noire	6	0	1
Limoux	13	3	2
Total	147	38	25

On voit qu'en général on s'est affranchi beaucoup du plâtrage dans l'Aude ; sur 210 vins analysés 63 seulement ont reçu du plâtre à une dose variable et 147 ne sont pas plâtrés. Cependant dans certaines régions on le pratique encore assez couramment et quelquefois d'une façon inconsidérée ; c'est ainsi que dans le Narbonnais tout entier sur 22 vins plâtrés 13 sont surplâtrés. Cette opération du plâtrage semble avoir presque disparu dans les vignobles nouveaux de Carcassonne et de Limoux. En général les vins plâtrés se font remarquer par leur robe, ils sont toujours vifs et brillants, mais il ne semble pas que cette pratique leur ait communiqué des qualités de conservation plus durables que pour les autres vins. Certains doivent au contraire à l'excès de plâtre un léger goût d'âpreté ou d'amertume. La pratique du plâtrage a surtout pour but utile de produire dans le vin une défécation qui entraîne les matières étrangères restées en suspension. C'est une opération qu'il est surtout utile d'effectuer sur des vendanges altérées, mais encore faut-il le faire avec mesure.

Il y a tout lieu de penser que les viticulteurs de l'Aude peuvent considérer l'avenir avec assurance. Ils sont la plupart, au point de vue de la production, dans une situation très favorable ; on cherche de plus en plus à multiplier les lois et les pénalités contre les vins factices qui leur font concurrence et il faut espérer que les fabrications artificielles iront en diminuant d'importance.

Un autre danger pourrait subsister : il consiste dans la concurrence naturelle que se font les producteurs.

Le surcroît des récoltes, en effet, pourrait peut-être amener une certaine crise et si l'on considère l'avenir d'un œil indépendant, on est obligé de convenir qu'il y a encore là un point noir à l'horizon. Le vignoble français, au fur et à mesure qu'il se reconstitue, augmente considérablement d'étendue. Les agriculteurs du centre se jettent aussi sur la vigne ; ils améliorent leurs procédés de culture, modifient leur système de taille de façon à éviter les gelées tardives et à pousser à la fructification. La production totale des vins en France, en Algérie et en Tunisie augmente d'une façon continue, et cette augmentation menace de prendre des proportions inquiétantes. Il ne faudrait pas qu'un jour vînt où l'offre dépassât de beaucoup la demande : les vins tomberaient à vil prix. Peut-être pourront-ils

s'écouler en partie à l'étranger, mais là encore les droits prohibitifs que la plupart des nations ont opposés à l'exportation de nos vins ne dresseraient-ils pas un obstacle presque insurmontable ?

Cependant la faiblesse des cours qui pourrait en résulter ne se produirait pas d'une façon uniforme et nous allons voir que les vignobles de l'Aude se trouveraient encore dans une situation relativement favorable. Sur les 44 millions d'hectolitres que le vignoble français a produits à la dernière vendange, l'administration des contributions indirectes a relevé 42 millions d'hectolitres titrant moins de 11°. Il est remarquable, en effet, que la plupart des vignobles nouveaux de l'Ouest, du Centre et de l'Est donnent des vins légers en alcool, mais frais et nerveux. Ils se rapprochent, par le rôle qu'ils peuvent jouer dans le commerce, des vins légers des plaines du Midi. Ils se consomment bien directement sur place, le paysan trouvant toujours son vin meilleur que tout autre, mais dès que la production arrive à dépasser la consommation locale, il faut que ces vins trouvent leurs débouchés en se dirigeant vers les grands centres. Là, beaucoup ne sont pas admis à la consommation directe; il faut les mélanger au préalable avec des vins de coupage riches en alcool, en extrait et en couleur.

La surabondance de ces petits vins dans la production nationale amènerait donc plutôt la hausse sur les vins corsés ou vins de coupage qui sont nécessaires pour rendre les premiers marchands ou consommables.

Or, la production de ces gros vins en France est très restreinte, puisque, d'après les relevés de la régie, elle atteint cette année environ 2 millions d'hectolitres, c'est-à-dire moins du vingtième de la quantité totale.

Si donc la crise que nous signalons comme possible venait à se réaliser, quelle serait la situation des vignobles de l'Aude?

Les vins de plaine surtout auront à supporter la concurrence des vins légers qui prédominent déjà dans la production française, mais il faut observer que les plaines de l'Aude sont dans une situation exceptionnellement favorable pour produire ces vins à bon marché. Il est possible que les viticulteurs de ces plaines soient contraints de vendre leurs vins à moins de 10 fr. l'hectolitre pour obliger leurs

concurrents du Centre à arracher les vignes et à revenir aux prairies et au bétail.

Les vins de coteau de Narbonne, de Carcassonne, de Limoux, du Minervois et d'une partie des Corbières qui peuvent se consommer directement souffriront moins de la concurrence, et c'est en faisant valoir le plus possible leurs qualités qu'on pourra faciliter leur écoulement.

Les vins de coupage paraissent devoir tenir une situation plus favorable. La suppression des vins artificiels et surtout des vins d'Espagne sur le marché français leur profitera davantage et les fera rechercher.

Aussi estimons-nous que l'avenir de la viticulture, contrairement aux apparences actuelles, est surtout réservé aux beaux vins et que l'on aura intérêt à augmenter la qualité.

En surveillant avec soin la vinification, les viticulteurs peuvent dès maintenant éviter les accidents qui surviennent chaque année et qui amoindrissent la valeur d'une partie de leur récolte dans des proportions quelquefois très fortes ; ils peuvent assurer à leurs vins une conservation parfaite, non pas seulement pendant les quelques mois qu'ils les gardent en cave, mais pour une durée de plusieurs années. Ils profiteront ainsi au maximum de leurs revenus et assureront de plus à leurs produits une réputation de bonne qualité et de bonne tenue que le commerce et le consommateur sauront certainement reconnaître.

NOUVELLES ÉTUDES

SUR

LA VINIFICATION

ET SUR

LA RÉFRIGÉRATION DES MOUTS

FAITES AUX VENDANGES DE 1896

PAR

MM. A. MÜNTZ et E. ROUSSEAUX

Nos études de l'année 1895[1] ont montré quelle influence fâcheuse était exercée sur les vins par l'échauffement qui se produit dans le cours de la fermentation; le refroidissement des moûts, destiné à empêcher leur température de s'élever au delà du point où la levure alcoolique est détruite, nous a paru être la solution pratique du problème d'une bonne vinification.

Nos expériences nous avaient fixés sur les points essentiels de l'emploi de la réfrigération; nous avions pu juger ainsi, de la façon la plus nette, de la grande supériorité des vins réfrigérés sur ceux qui s'étaient échauffés outre mesure. Nous avons déterminé en outre quel est le moment le plus opportun pour effectuer la réfrigération. La netteté et la concordance des résultats de nos premières recherches pouvaient nous dispenser de confirmer celles-ci, mais nous devions

1. *Annales de la science agronomique française et étrangère*, 1896.

les compléter, car nous n'avions pu aborder tous les problèmes intéressants se rapportant à cette question.

Aussi, en 1896, avons-nous cru devoir reprendre ces études, d'autant plus utilement que nous étions mieux outillés et que nous avions déjà une base d'opérations.

Avant de passer en revue ces nouvelles recherches, il est nécessaire de résumer les principaux résultats auxquels nous étions arrivés précédemment.

Nous avions d'abord montré, après d'autres expérimentateurs, que l'échauffement excessif qu'atteignent les moûts, et qui est capable de tuer la levure et d'arrêter la fermentation alcoolique, provenait surtout de la température élevée à laquelle la vendange était amenée au fouloir. Quand le raisin atteint 28 à 30 degrés environ, le moût ne tarde pas à s'échauffer jusqu'à 38 à 40 degrés, même 42 degrés ; la fermentation, dès lors, s'arrête et les vins, incomplètement fermentés, restent douceâtres et exposés aux maladies. Il est donc utile d'empêcher la température du moût de s'élever ainsi pendant la fermentation et c'est dans ce but que nous avons expérimenté un certain nombre de moyens que nous jugions propres à obtenir ce résultat.

C'est ainsi que nous avons examiné la possibilité de la récolte pendant les heures froides de la nuit ou des premières heures du matin. Nous avons constaté que la vendange nocturne était pratiquement irréalisable et que la cueillette matinale, tout en abaissant la température moyenne initiale de la vendange, n'était pas suffisante pour amener une fermentation irréprochable.

L'exposition au froid nocturne de la vendange cueillie, soit main tenue dans les comportes, soit étalée sur une faible épaisseur sur une terrasse cimentée, n'amène pas un abaissement de température qui puisse compenser les frais de manutention et les inconvénients auxquels le raisin serait exposé dans le cas où les mauvais temps surviendraient.

Quant à la vinification dans des cuves de petites dimensions et à parois peu épaisses, nous avons constaté qu'elle peut donner de bons résultats, mais que c'est une pratique qui ne saurait être employée

dans les grandes propriétés qui constituent la majeure partie du vignoble méridional.

Nous sommes donc restés en présence du refroidissement des moûts au cours de la fermentation, dans des appareils tubulaires à grand débit. Ce procédé, que nous avons reconnu très pratique et qui n'entraîne qu'une dépense extrêmement minime, nous a semblé constituer le vrai remède aux accidents si fréquents qui se produisent pendant la fermentation et qui perdent souvent, dans les régions méridionales, des récoltes entières.

Les heureux résultats de ce mode de vinification s'expliquent facilement : en suivant le cours de la fermentation, nous avons vu que le moût s'échauffe rapidement et atteint en quelques heures 38, 39 et jusqu'à 42 degrés, température qui semble être la plus élevée que les moûts puissent atteindre ; alors la levure souffre et finit par être entièrement détruite et les vins sont incomplètement fermentés, restent douceâtres, sont envahis par des fermentations bacillaires qui les rendent défectueux et souvent impropres à la consommation. En empêchant les moûts d'atteindre ces températures critiques, la levure n'ayant pas eu à souffrir, la vinification s'effectue dans de bonnes conditions.

En ramenant à une température plus basse, par la réfrigération, les moûts qui s'étaient ainsi échauffés, nous avons pu atténuer, dans une certaine mesure, les effets fâcheux que nous venons de signaler.

Mais nous avons vu aussi que le but à atteindre ne consistait pas à ramener à plus basse température des vins qui s'étaient déjà trop échauffés, mais à empêcher cet échauffement en pratiquant la réfrigération à un point inférieur à celui auquel la levure alcoolique commence à souffrir.

C'est en nous appuyant sur ces premières constatations que nous nous sommes organisés ensuite pour saisir les moûts au moment où ils commençaient à s'échauffer sensiblement, pour les ramener à une température inférieure. S'il se produisait subséquemment un nouvel échauffement dû à la continuation de la fermentation, il n'arrivait jamais à atteindre le point nuisible à la levure. On enlevait à la masse en fermentation un certain nombre de calories, ce qui donnait à peu de chose près le même résultat que la cueillette par un temps

froid. Telles furent les principales constatations de nos premières études.

Elles avaient été obtenues pendant l'automne de 1895, qui a été extraordinairement chaud : le raisin arrivait à la cuve marquant en moyenne près de 30 degrés, c'est-à-dire dans les conditions les plus défavorables.

Nous savons avec quelle rapidité les moûts s'échauffent dans ce cas et quelles difficultés présente leur vinification.

Au contraire, l'automne de 1896 a été relativement frais et le raisin, comme nous le verrons plns loin, était cueilli à une température peu élevée, du moins en général. La fermentation commençant à une température inférieure de plusieurs degrés à celle qu'elle avait l'année précédente, l'échauffement des moûts devait être moins rapide, et le maximum moins élevé, conditions favorables à une bonne vinification.

On eût donc pu croire, *à priori,* que la fermentation, même abandonnée à elle-même, pourrait se terminer sans accidents. Cela est vrai dans une certaine mesure, mais les considérations que nous allons développer ci-dessous vont nous montrer que, même dans ces conditions exceptionnellement favorables, la réfrigération a son utilité et exerce une influence considérable sur la qualité et la conservation des vins.

En effet, aussi longtemps qu'on opère sur des cépages d'une teneur peu élevée en sucre, donnant par conséquent des vins peu alcooliques, tels que l'aramon et l'alicante-bouschet, l'élévation de température est moins à redouter, parce qu'il y a moins de sucre à transformer et, par suite, moins de calories produites. Mais lorsque les cépages sont plus riches en sucre et peuvent donner des vins d'une plus grande qualité marchande, comme c'est le cas des carignans et des grenaches, qui atteignent un titre alcoolique de 12 degrés et quelquefois même de plus de 14 degrés, la chaleur développée dans la fermentation est si considérable, qu'elle amène rapidement le moût à un point nuisible.

Ces vins riches en alcool sont donc plus que les autres exposés à devenir le siège de fermentations bactériennes et des maladies qui peuvent les altérer.

En outre, même en ne partant que de 23 à 24 degrés par exemple, ces moûts riches en sucre peuvent atteindre encore 39 à 40 degrés, puisque c'est d'environ 16 à 17 degrés que nous avons vu la température des moûts monter normalement.

On voit d'après ces considérations que dans le cas des vins qui ne sont pas faibles en alcool, tels que ceux du Roussillon, de l'Algérie et de la Tunisie, l'échauffement excessif du moût est toujours à craindre et qu'il se produit même quand la cueillette se fait par un temps frais. Il y a donc le plus grand intérêt à recourir d'une façon générale à la réfrigération des moûts.

C'est pourquoi nous avons jugé nécessaire d'appliquer encore ce procédé en 1896, malgré le temps relativement froid qui a régné pendant les vendanges.

Avant de rendre compte de nos nouvelles expériences de réfrigération, donnons quelques chiffres qui indiquent les températures auxquelles le raisin a été amené au fouloir en 1896.

Températures moyennes du raisin en 1896. — Voici quelques exemples qui montrent que le raisin arrivait relativement froid à la cuve. Nous rappelons qu'en 1895 il marquait environ 30 degrés en moyenne et, à certaines heures de la journée, plus de 35 degrés.

DATES.	TEMPÉRATURES moyennes du raisin.	TEMPÉRATURES DU RAISIN aux heures les plus chaudes.	aux heures les plus froides.
—	—	—	—
	degrés.	degrés.	degrés.
2 septembre.	22 1	24 5	19 0
3 —	21 9	27 5	15 0
4 —	20 3	26 0	16 0
7 —	22 0	27 0	15 0
8 —	23 0	26 0	21 0
9 —	22 0	»	»
15 —	24 6	30 5	18 5
16 —	24 7	32 0	16 0
17 —	28 1	33 5	19 0
20 —	19 3	23 5	16 0
21 —	18 9	22 0	16 0
22 —	21 5	24 5	19 0
23 —	20 5	23 0	15 0
24 —	18 0	21 0	15 0
28 —	16 5	19 5	14 0

En général, le raisin a donc été rentré relativement frais, sauf pendant quelques jours où il dépassait 30 degrés aux heures les plus chaudes de la journée.

Au point de vue de la température initiale de la vendange, l'année 1896 a donc été exceptionnellement favorable et permettait de penser que la réfrigération des moûts serait moins utile. Cependant, nous l'avons pratiquée sur presque toute la vendange, après avoir constaté que, malgré les conditions dans lesquelles on opérait, les moûts s'échauffaient assez pour atteindre 39 et 40 degrés, dépassant ainsi le point critique que nos études précédentes avaient signalé comme dangereux pour la fermentation.

Voyons quel a été l'échauffement des moûts en fermentation dans les diverses conditions de l'état initial du raisin et pour les divers cépages. De l'examen des températures maxima atteintes, nous pourrons tirer les conclusions relatives à l'opportunité de la réfrigération.

La vendange de l'alicante-bouschet a commencé le 2 septembre et a duré jusqu'au 4 septembre au soir, soit pendant 3 jours. La température moyenne à laquelle le raisin a été amené au fouloir ayant été relativement basse, nous avons laissé la fermentation s'opérer sans pratiquer le refroidissement du moût et nous avons suivi la marche de la température afin de savoir si, dans des conditions semblables ou analogues, on pouvait se dispenser de la réfrigération.

Voici les résultats obtenus :

***Foudre nº 31*, rempli du 2 septembre, à 7 heures 1/2 du matin, au 3 septembre, à 11 heures du matin.**

Température moyenne du raisin : 20 degrés.

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		deg. és.
3 septembre.	$3^{h\,1}/_2$ soir.	21 5
4 —	$11^{h\,1}/_2$ matin.	25 0
5 —	$7^{h\,1}/_2$ matin.	26 0
5 —	4^h » soir.	26 0
6 —	9^h » matin.	29 0
7 —	7^h » matin.	32 5
7 —	$5^{h\,1}/_2$ soir.	34 0
8 —	7^h » matin.	35 5
8 —	5^h » soir.	35 75
9 —	7^h » matin.	35 25
9 —	$5^{h\,1}/_2$ soir.	35 0

Foudre n° 17, **rempli du 3 septembre, à 1 heure du soir, au 4 septembre, à 5 heures du soir.**

Température moyenne du raisin : 24 degrés.

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	— degrés.
5 septembre.	7h 1/2 matin.	25 0
5 —	4h » soir.	27 5
6 —	9h » matin.	32 0
7 —	7h » matin.	36 0
7 —	5h 1/2 soir.	37 0
8 —	7h » matin.	37 0
8 —	5h » soir.	37 0
9 —	7h » matin.	36 5
9 —	5h 1/2 soir.	35 5

Pour ces deux foudres le vin contenait, le 29 septembre, 10.7 p. 100 d'alcool.

Nous voyons que ces deux foudres se sont très bien comportés, ce qui tient d'un côté à la température relativement basse de la vendange, et de l'autre à la nature du cépage, qui ne comporte pas une très grande richesse saccharine.

La marche de la fermentation présente cependant des différences assez sensibles.

Le *foudre n° 31,* dont la vendange n'avait que 20 degrés seulement, monte avec plus de lenteur et de régularité et n'atteint son maximum de 35°75 qu'au bout de cinq jours et demi, tandis que le *foudre n° 17,* contenant une vendange récoltée à 24 degrés, monte beaucoup plus vite et atteint son maximum de 37 degrés au bout de trois jours. Mais aucun de ces deux foudres ne s'est échauffé au delà du point dangereux. Il n'en eût pas été ainsi si la température initiale de la vendange avait été seulement de 1 ou 2 degrés plus élevée, car alors l'un des foudres eût pu atteindre 39 degrés et se trouver compromis ; nous avons vu, en effet, en 1895, l'alicante-bouschet, avec une température initiale de 27°1, atteindre en deux jours 39 degrés et monter jusqu'à 40°1 ; sa fermentation se trouva complètement arrêtée dès le deuxième jour, et, au décuvage, le vin ne renfermait que 9.2 p. 100 d'alcool et contenait encore 44 gr. de sucre par litre.

Par conséquent, dans le cas de l'alicante-bouschet, quand la tem-

pérature moyenne initiale de la fermentation ne dépasse pas 24 degrés environ, l'échauffement du moût peut s'arrêter avant le point où il devient nuisible ; il n'en serait pas ainsi si cette température était de quelques degrés plus élevée.

Il en est de même de l'aramon qui a une richesse saccharine peu différente.

Nous arrivons maintenant à des cépages, tels que le carignan, d'une richesse saccharine en général plus grande et dont, par conséquent, il est particulièrement intéressant de surveiller la fermentation. On verra que, même dans le cas où la vendange a été assez froide, la température du moût s'est élevée au-dessus du point critique.

La vendange de ce cépage a commencé le 14 septembre et s'est terminée le 30 septembre au soir. Voici quelques-unes des observations faites sur ce cépage :

NUMÉROS des foudres.	TEMPÉRATURE initiale moyenne de la vendange.	TEMPÉRATURE de la fermentation.
18	26° 4	39° 0 après 2 jours.
39	23 0	38 0 — 2 —
47	24 6	39 0 — 2 —
40	24 6	39 0 — 2 —
29	28 1	39 0 — 1 —
32	26 4	39 0 — 2 —

Tous ces foudres ont été refroidis dès qu'ils eurent atteint cette température ; sans ce refroidissement, ils auraient monté encore de quelques degrés.

Nous pourrions citer d'autres exemples qui montrent très nettement qu'à ces températures initiales de 24 à 28 degrés, qui sont au-dessous de la normale dans les régions du Midi, les moûts des cépages riches en sucre atteignent cependant encore un échauffement excessif de 39 degrés au minimum.

Par les résultats qui précèdent, on voit que si, dans les années relativement fraîches, la température des moûts en fermentation des cépages d'une plus faible richesse saccharine n'atteint pas toujours le point où elle devient funeste à la levure, il n'en est pas de même des cépages plus sucrés, dont les moûts s'échauffent, pendant leur fer-

mentation, jusqu'à un degré supérieur à celui qui fait périr la levure.

Par conséquent, dans tous les cas, aussi bien quand l'automne est relativement frais, ce qui est d'ailleurs l'exception dans les régions méridionales, que quand il est très chaud, il y a intérêt à abaisser la température du moût par la pratique de la réfrigération.

C'est à la suite de ces considérations, qui découlent nettement des résultats qui précèdent, que nous avons jugé nécessaire de procéder au refroidissement des moûts, quoique la température initiale de la vendange fût relativement basse.

Nous avons effectué la réfrigération dans des conditions d'installation bien supérieures à celles dans lesquelles ont été exécutés nos premiers essais et nous avons pu confirmer ainsi quelques-unes de nos observations antérieures et apporter des résultats nouveaux pouvant éclairer cette question.

Ce sont ces expériences que nous résumons brièvement ici.

Réfrigération des moûts.

Voici les points principaux sur lesquels ont porté nos études en 1896.

1° Nous avons cherché la confirmation de nos premières constatations sur le degré de température auquel il est préférable d'opérer le refroidissement du moût.

Cette question est capitale. Nous avions reconnu, dans nos premières expériences de 1895, que si le refroidissement n'est effectué qu'après que la température a atteint un degré nuisible à la levure, il ne répond pas au besoin d'une bonne vinification ; que c'est une opération qui est pour ainsi dire en pure perte et qu'elle ne permet pas à la levure alcoolique de reprendre ses fonctions normales. La réfrigération, avions-nous conclu, doit se faire à un moment où elle peut prévenir l'échauffement excessif. Cette condition d'une réfrigération efficace et, par suite, d'une bonne vinification, mérite d'attirer l'attention des viticulteurs ; ce serait une erreur de croire que le refroidissemeut des moûts produit tous ses bons résultats quelle que soit la température à laquelle il a été effectué. Les chiffres que nous

donnons plus loin confirment ceux de nos premiers essais et montrent qu'il faut surtout s'attacher à éviter, à un moment quelconque, une température trop élevée.

2° Le degré de refroidissement auquel on peut amener le moût et son influence sur la marche ultérieure de la fermentation méritaient également d'être étudiés. Dans nos premiers essais, il ne nous avait pas semblé utile d'abaisser au-dessous de 25 à 26 degrés la température des moûts, dans la crainte de provoquer une interruption de la fermentation, alors que c'était surtout la continuité de cette fermentation qu'on s'efforçait d'obtenir. En 1896, grâce à la température très basse de l'eau que nous avons employée, et qui a été jusqu'au-dessous de 14 degrés, nous avons pu refroidir les moûts beaucoup plus que nous l'avions fait l'année précédente, dans le but de chercher si ce refroidissement brusque était ou non nuisible à la fermentation.

Tels sont les points principaux sur lesquels ont porté nos observations, qui précisent des faits insuffisamment connus et qui ont leur influence sur les résultats obtenus par la réfrigération.

Voici un aperçu de notre installation nouvelle, qui nous a permis d'effectuer ces expériences dans des conditions pratiques tout à fait satisfaisantes.

Le réfrigérant que nous avons employé est celui que nous avions utilisé dans nos premières recherches et qui est construit par M. Deroy fils aîné, à Paris.

Bien que nous en ayons déjà donné la description, nous croyons utile d'y revenir en la faisant suivre des principaux perfectionnements que nous avons apportés.

Cet appareil se compose essentiellement d'une série de tubes en cuivre, dans lesquels le moût circule et dont l'extérieur est continuellement arrosé d'eau. Suivant les quantités qu'on veut refroidir dans un temps donné, l'appareil a des dimensions plus ou moins grandes.

Celui dont nous nous sommes servis se compose de deux éléments (1) et (2) [*fig. 1*], comprenant chacun 19 tubes en cuivre de 4 mètres de longueur, d'un diamètre intérieur de 4 centimètres et d'un millimètre d'épaisseur. Ces tubes sont reliés entre eux par deux pièces

en bronze (9), dans lesquelles s'engagent leurs extrémités, séparées par des cloisons et dont la fermeture hermétique est assurée par un joint en caoutchouc. Dans cette disposition, le moût entrant par la partie inférieure (7) du premier élément traverse toute la série de tubes, qui forment en réalité un énorme serpentin de 76 mètres de longueur. Le vin, qui est entré par la partie inférieure, sort par la partie supérieure de ce premier élément, d'où il se rend, par le tuyau de communication (3), à la partie inférieure du second élément ; il traverse celui-ci d'une façon identique et en sort à la partie supérieure (8), pour se rendre dans le foudre ou dans la cuve. Il a alors traversé une longueur de tubes de 152 mètres.

Au-dessus de la batterie des deux éléments accouplés est placée une auge métallique (4), percée de deux lignes de petits trous correspondant aux tubes. L'eau amenée dans cette auge se distribue uniformément sous forme de pluie ; il est facile de modifier cet écoulement, qui devra être plus grand si le moût est plus chaud ou l'eau elle-même moins fraîche, et qui pourra être moins grand dans le cas contraire. En maintenant plus ou moins élevé le niveau de l'eau dans cette auge, par l'arrivée d'une plus ou moins grande quantité d'eau, on obtient facilement ce résultat.

Le thermomètre, placé à la sortie de l'appareil, montre si le refroidissement est suffisant et sert à régler la marche.

L'eau qui s'écoule par les trous de l'auge tombe sur le tube supérieur et de là sur celui qui est immédiatement au-dessous et ainsi de suite. Pour obtenir une meilleure distribution de l'eau, ces tubes sont entourés d'une toile grossière, qui s'imbibe régulièrement.

Dans cette disposition, on obtient un refroidissement méthodique. C'est toujours l'eau la plus froide qui est en contact avec le moût le plus froid, par suite du mouvement inverse de l'eau et du moût. Ce dernier, entrant par la partie inférieure, se rafraîchit graduellement à mesure qu'il gagne la partie supérieure ; l'eau, au contraire, tombant sur la partie supérieure, s'échauffe graduellement en descendant. Le résultat maximum est donc ainsi atteint.

L'eau chaude s'écoule dans le bassin inférieur (5), d'où elle se rend au dehors, ou bien dans un réservoir, si on veut la faire servir de nouveau.

L'appareil est monté sur roues (12) et se déplace ainsi facilement, pouvant être amené devant les cuves qu'on veut refroidir. Quand les rails d'une voie Decauville sont posés dans une cave, ce qui est

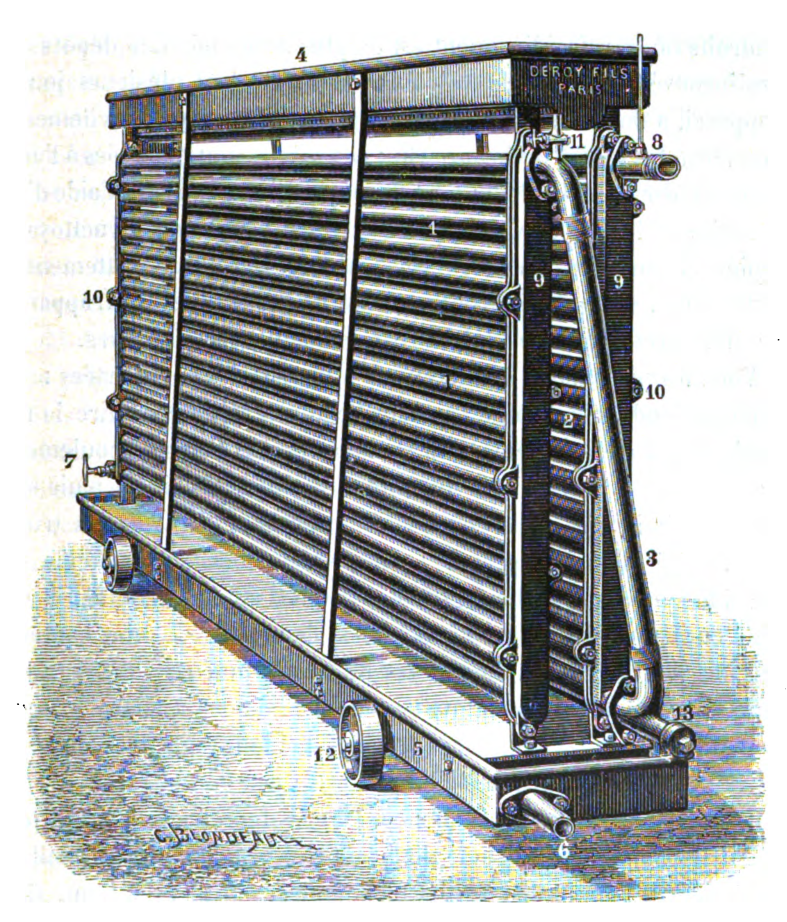


FIG. 1. — RÉFRIGÉRANT POUR MOUTS DE VENDANGE.

1, 2, Deux éléments accouplés composés chacun de 19 tubes en cuivre ; — 3, Tuyau de communication des deux éléments ; — 4, Auge percée de deux rangées de petits trous, correspondant aux tubes, et recevant l'eau avant la réfrigération ; — 5, Auge recevant l'eau d'arrosage après la réfrigération ; — 7, Robinet d'entrée du moût à refroidir, au bas du premier élément ; — 8, Sortie du moût après le refroidissement ; — 9, 9, Pièces de bronze démontables formant communication des tubes.

fréquemment le cas, on donne aux roues l'écartement de la voie pour pouvoir l'utiliser.

Lorsqu'une opération de refroidissement est terminée, des robi-

nets placés à la partie inférieure des éléments permettent de vider le moût resté dans les tubes.

Le moût entre chaud dans l'appareil, il en sort refroidi. Mais pendant son passage, il a déposé des cristaux de tartre, surtout aux endroits où le refroidissement est le plus accentué. Ces dépôts ont des inconvénients ; après avoir fonctionné pendant plusieurs jours, l'appareil a donc besoin d'un nettoyage ; celui-ci s'opère facilement : on enlève les pièces de bronze (9) ; ces pièces sont nettoyées à l'aide d'une brosse en chiendent ; les tubes eux-mêmes le sont à l'aide d'un écouvillon ; la forme cylindrique des tubes en permet le nettoyage rapide et complet. On arrive ainsi à détacher par le frottement le tartre adhérent, qu'un rinçage à l'eau finit par enlever. L'appareil est alors prêt à marcher de nouveau pendant plusieurs jours.

Voici les principales modifications que nous avons apportées :

La profondeur de l'auge recevant l'eau destinée à produire la réfrigération a été augmentée ; la pression sur les trous d'écoulement était donc plus grande et la quantité d'eau qui tombait en pluie sur les tubes était ainsi plus considérable, d'autant plus que les trous avaient été un peu agrandis ; on pouvait donc ainsi obtenir un refroidissement plus intense, qu'on pouvait d'ailleurs modifier à volonté en maintenant le niveau de l'eau dans l'auge à une hauteur plus ou moins grande. Les pièces de bronze qui relient les tubes entre eux ont été fixées par un système de boulons à charnière qui en permettaient le démontage rapide, le nettoyage de l'appareil pouvait donc s'opérer très facilement et en peu de temps.

Le travail de pompage du moût à travers le réfrigérant, tel que nous l'avions pratiqué à l'aide des pompes à bras, était assez pénible et nécessitait la présence de quatre hommes qui se relayaient. Cependant, on ne pouvait faire passer qu'environ 40 hectolitres par heure. Aussi avons-nous remplacé la pompe à bras par un moteur-pompe à pétrole, pouvant fonctionner sans interruption et donner un débit d'environ 80 hectolitres à l'heure.

Ainsi outillés, voici comment nous avons procédé : le réfrigérant était attelé directement au foudre à l'aide d'un tuyau de caoutchouc, ce qui permettait d'utiliser la pression due à la hauteur du moût contenu dans le foudre.

On avait pensé d'abord qu'il serait nécessaire d'interposer un crible afin de retenir les grappes et les grains qui pourraient être entraînés. Mais on a reconnu que cette précaution était inutile. En effet, quand la fermentation est bien en train, le chapeau est monté et il n'y a plus que du liquide dans la partie inférieure. Pour enlever les grains et les grappes qui peuvent se trouver engagés dans le robinet du foudre, il suffit de faire couler un ou deux hectolitres de vin dans une comporte avant d'atteler le réfrigérant.

Le robinet d'entrée du réfrigérant est donc en communication directe avec le foudre ; le tube de sortie de l'appareil communique avec le tuyau d'aspiration de la pompe. Le moût est, de cette façon, aspiré par la pompe à travers l'appareil. Cette pompe refoule le moût dans le foudre même d'où il vient d'être aspiré ; il s'étale sur une planchette qui le répartit à la surface du chapeau de façon à éviter la formation d'un canal par lequel le même liquide aurait pu passer indéfiniment. Cette disposition a l'avantage d'éviter une perte d'alcool qui s'opère toujours lorsqu'on fait écouler le moût chaud au contact de l'air. L'atmosphère des caves est, dans ce dernier cas, chargé de vapeurs d'alcool au point d'incommoder les ouvriers. M. Roos a insisté sur les pertes notables d'alcool qui se produisent ainsi.

L'année précédente, nous n'avions fait agir à la surface du réfrigérant que des quantités d'eau relativement faibles, inférieures aux quantités de vin qu'on voulait refroidir. Encore cette eau était-elle à une température assez élevée (23 à 24 degrés). Aussi, en général, n'avions-nous obtenu qu'un abaissement de température qui ne dépassait pas 6 à 8 degrés. Nous pensions d'ailleurs qu'il serait préjudiciable de saisir le vin par un abaissement de température trop brusque et trop considérable, pouvant contrarier ou entraver la fermentation.

En 1896, nous nous étions installés pour distribuer sur le réfrigérant de plus grandes quantités d'eau, soit environ une fois à une fois et demie la quantité de vin. Cette eau du reste était beaucoup plus froide ; elle dépassait rarement 20 degrés et s'est abaissée jusqu'à 14 degrés.

Dans de pareilles conditions le moût, quelque chaud qu'il fût, pou-

vait être amené à une température très basse, soit jusqu'à 17 degrés et, dans certains cas, la différence entre la température du vin à l'entrée de l'appareil et à la sortie a été jusqu'à 20 degrés.

L'appareil a donc fonctionné dans des conditions extrêmement favorables, un pareil abaissement dépassant tout ce qu'on peut demander d'obtenir.

On verra plus loin que ce refroidissement si rapide et si intense n'a pas eu, comme nous le craignions, un effet fâcheux sur la fermentation qui s'est continuée, au contraire, dans les meilleures conditions.

Quant à la durée du refroidissement, le moteur-pompe a permis de l'abréger beaucoup, puisque le travail effectué était double et qu'il n'y avait pas de temps perdu pour les relayages et les repos des ouvriers. En général, 3 heures de réfrigération étaient largement suffisantes pour des foudres de 375 hectolitres.

On pouvait ainsi, dans le cours de la journée, refroidir sans difficulté 3 ou 4 foudres. Si cela avait été nécessaire, on eût pu, par le travail de nuit, en refroidir bien davantage ; un seul ouvrier peut d'ailleurs suffire pour la surveillance du moteur.

Il faut d'ailleurs, pour éviter une main-d'œuvre inutile, remplir les foudres de vendange dans un ordre tel qu'on puisse en refroidir un certain nombre sans avoir besoin de déplacer le moteur et le réfrigérant.

Dans la cave du Mas-Déous, qui comprend 67 foudres de 375 hectolitres, les travées contiennent 16 foudres, soit 8 de chaque côté.

La vendange était versée dans les foudres dans un ordre tel qu'on remplissait simultanément ou successivement les deux foudres qui se faisaient face à l'une des extrémités de la travée, on continuait avec les deux foudres voisins des premiers et ainsi de suite.

En opérant de cette manière, on pouvait, sans déplacer les appareils, traiter 8 foudres, soit 4 de chaque côté de la travée. On n'avait ainsi qu'un seul déplacement à faire pour chaque travée de 16 foudres. Nous insistons sur ces détails, car, dans les grandes exploitations agricoles, il faut tenir grand compte de la possibilité d'effectuer, dans le délai voulu, le travail énorme qui se fait à l'époque de la vendange.

Résultats des expériences. — Passons maintenant aux résultats constatés dans nos essais qui ont eu pour but :

1° La confirmation de nos premières constatations sur le degré de température auquel il convient d'opérer le refroidissement ;

2° L'étude de l'influence du degré de refroidissement sur la marche ultérieure de la fermentation.

Pour déterminer le degré de température auquel il est préférable de faire la réfrigération, nous avons institué deux séries d'expériences : d'abord sur certains foudres dont la température avait atteint ou dépassé 38 degrés ; ensuite sur d'autres foudres qui n'avaient pas dépassé 33 à 35 degrés.

Foudres ayant atteint ou dépassé 38 degrés. — Le *foudre n° 39* a été rempli les 14 et 15 septembre. La température moyenne du raisin qui le remplissait était de 23 degrés. Voici les températures constatées durant la fermentation :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	— degrés.
15 septembre.	7h matin.	29 0
16 —	7h matin.	31 5
17 —	7h matin.	36 25
18 —	7h matin.	38 0

On a alors procédé à la réfrigération, le moût entrant dans l'appareil à la température de 30 degrés.

Le 29 septembre, la richesse alcoolique était de 10.3 p. 100.

Le *foudre n° 48* a été rempli les 14 et 15 septembre. Voici les températures observées :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	— degrés.
15 septembre.	5h soir.	31 0
16 —	7h matin.	34 0
17 —	7h matin.	36 0
17 —	5h soir.	37 0
18 —	7h matin.	38 0

On a alors pratiqué la réfrigération, la température du moût étant de 39 à 40 degrés.

Le 22 septembre, au décuvage, la proportion d'alcool était de 10.0 p. 100.

Le *foudre n° 47* a été rempli les 15 et 16 septembre, la température initiale de la vendange étant de 24°6. On a relevé les températures suivantes :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
17 septembre.	7^h matin.	34 75
17 —	5^h soir.	37 0
18 —	7^h matin.	39 0

On a alors procédé au refroidissement, la température étant montée jusqu'à 40 degrés.

Le 23 septembre, au décuvage, le vin contenait 10.2 p. 100 d'alcool et 26 gr. de sucre par litre.

Le *foudre n° 40* a été rempli les 15 et 16 septembre, la température initiale étant de 24°6. On a relevé les températures suivantes :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
17 septembre.	7^h matin.	32 75
17 —	5^h soir.	35 0
18 —	7^h matin.	38 75

On a alors procédé au refroidissement, la température s'étant élevée un peu au-dessus de 39 degrés.

Le 23 septembre, le vin contenait 10.5 p. 100 d'alcool et le 29 septembre 10.7 p. 100.

Le *foudre n° 32* a été rempli les 16 et 17 septembre avec une vendange d'une température moyenne de 26°4. Voici les températures observées :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
18 septembre.	7^h matin.	33 0
19 —	7^h matin.	39 0

On voit avec quelle rapidité la température s'est élevée, la journée du 17 ayant été très chaude. Le foudre a été refroidi le 19 septembre, le 29, il avait une richesse alcoolique de 10.65 p. 100.

Le *foudre n° 29* a été rempli le 17 septembre avec une vendange dont la température moyenne était de 28°1. Dès le 19 septembre, à 11 heures du matin, sa température était montée jusqu'à 39 degrés. Il a été ensuite refroidi. Le 28 septembre, au décuvage, il contenait 10.1 p. 100 d'alcool et 33 gr. de sucre par litre.

Nous pouvons tirer de ces observations les constatations suivantes qui ne sont qu'une confirmation des études faites l'année précédente :

1° Lorsque les moûts ont fermenté à une température atteignant ou dépassant 38 degrés, une partie notable du sucre n'est pas transformée et la richesse alcoolique reste faible ;

2° Il n'y a aucune utilité à refroidir les moûts dont la température s'était déjà élevée jusqu'à 38 ou 39 degrés, le refroidissement ne pouvant pas rendre la vitalité à la levure tuée par suite de cet échauffement excessif.

Foudres n'ayant pas atteint 38 degrés. — Passons aux foudres qui ont été refroidis dans des conditions plus satisfaisantes, c'est-à-dire avant l'échauffement excessif.

Le *foudre n° 19* a été rempli du 17 septembre, à 2 heures du soir au 18 septembre à 2 heures du soir, avec une vendange dont la température initiale était de 28 degrés. Le 19, à 11 heures du matin, sa température était montée à 34°5 ; il a été refroidi. Le 21, à 7 heures du matin, sa température était de 35 degrés et ne s'est pas élevée au delà. Le 25 septembre, au décuvage, le vin contenait 11.2 p. 100 de sucre par litre.

Le *foudre n° 30* a été rempli du 19 septembre, à 7 heures du matin, au 20 septembre à 10 heures du matin. Le 21 septembre, à 7 heures du matin, sa température était de 33 degrés et elle était montée à 34°8 au moment où on a commencé le refroidissement.

On a continué à suivre sa température, qui n'a pas dépassé 35°5. Le 3 octobre, le vin contenait 11.7 p. 100 d'alcool.

Le *foudre n° 21* a été rempli du 19 septembre à 2 heures du soir au 20 septembre à 5 heures du soir, à une température moyenne de 23 degrés. Le 22 septembre, à 6 heures et demie du matin, sa température étant de 27 degrés, on a procédé au refroidissement, après lequel les températures ont été les suivantes :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
23 septembre.	8h » matin.	30 0
23 —	5h 1/2 soir.	31 5
24 —	2h » soir.	35 0
25 —	8h » matin.	36 0
26 —	5h 1/2 matin.	35 75

Le 3 octobre, au décuvage, le vin contenait 11.45 p. 100 d'alcool et 5gr,9 de sucre par litre.

Le *foudre n° 28* a été rempli, du 20 septembre à 10 heures du matin au 21 septembre à 10 heures du matin, avec une vendange dont la température moyenne était de 20 degrés. Les températures observées furent les suivantes :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
22 septembre.	6h 1/2 matin.	21 0
23 —	7h 1/2 matin.	26 0
23 —	2h » soir.	27 0

On a alors refroidi et on a noté ensuite :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
24 septembre.	8h » matin.	29 5
25 —	8h » matin.	34 5
26 —	5h 1/2 matin.	35 5
27 —	10h » matin.	35 0

Le 3 octobre, au décuvage, le vin contenait 11.7 p. 100 d'alcool.

Le *foudre n° 23* a été rempli le 21 septembre de 6 heures du matin à 6 heures du soir, la température moyenne du raisin étant de 19 degrés. Voici les températures constatées :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
22 septembre.	6h 1/2 matin.	23 0
23 —	7h 1/2 matin.	24 75
23 —	5h 1/2 soir.	26 5
24 —	6h » matin.	29 5
24 —	2h » soir.	30 5

A ce moment on a refroidi. Les températures notées ensuite ont été :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
25 septembre.	8h » matin.	33 0
26 —	5h 1/2 matin.	35 8
27 —	10h » matin.	36 5
28 —	9h » matin.	35 75

Le 3 octobre, au décuvage, il y avait 11.6 p. 100 d'alcool.

Le *foudre n° 24* a été rempli le 22 septembre de 6 heures du matin à 6 heures et demie du soir. La température moyenne initiale de la vendange était de 21°5. On a constaté les températures suivantes :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
23 septembre.	5h 1/2 soir.	27 0
25 —	8h » matin.	33 5
26 —	5h 1/2 matin.	37 0

On a alors refroidi et constaté les températures subséquentes suivantes :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
26 septembre.	4h soir.	35 0
27 —	10h matin.	35 9
28 —	2h soir.	35 9
2 octobre.	10h matin.	33 5
2 —	5h soir.	32 5

Le 3 octobre, la richesse alcoolique était de 11.5 p. 100.

Le *foudre n° 26* a été rempli du 21 septembre à 10 heures du matin au 22 septembre à 9 heures du matin ; la température moyenne initiale de la vendange était de 21 degrés. On a trouvé :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
25 septembre.	7h » matin.	33 0
26 —	5h 1/2 matin.	36 0

Il a été refroidi à ce moment.

On a noté ensuite :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
27 septembre.	10h matin.	35 0
28 —	11h matin.	33 0

Le 3 octobre, au décuvage, on a dosé 11.75 p. 100 d'alcool et seulement 7 gr. de sucre par litre.

Le *foudre n° 28* a été rempli du 22 septembre à 10 heures et demie du matin au 23 septembre à 9 heures du matin. La température initiale de la vendange était d'environ 23 degrés.

Le 25, à 9 heures du matin, sa température était montée à 37°5. On a alors refroidi et constaté les températures subséquentes :

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du moût.
—	—	—
		degrés.
26 septembre.	5h 1/2 matin.	32 8
27 —	10h » matin.	34 0
28 —	2h 1/2 soir.	33 75

Le 3 octobre, au décuvage, le vin contenait 11.5 p. 100 d'alcool et 6gr,5 de sucre par litre.

Nous ne continuons pas cette énumération déjà longue, les autres

foudres ont été également refroidis dans des conditions satisfaisantes et ont donné des résultats analogues.

Nous réunissons dans un tableau les faits saillants de ces observations en indiquant les températures maxima atteintes par les moûts et les richesses correspondantes en alcool et en sucre.

Pour que les résultats soient plus comparables, nous ne nous occuperons que du carignan qui constitue la partie la plus importante de beaucoup de l'exploitation.

NUMÉROS des foudres.	TEMPÉRATURES maxima du moût.	ALCOOL p. 100.	SUCRE par litre.
	degrés.		gr.
18	39 0	10.65	»
39	39 0	10.3	»
48	39 5	10.0	»
47	39 5	10.2	26,0
40	39 5	10.5	»
29	39 0	10.1	33,0
32	39 0	10.65	»
19	35 0	11.2	9.0
30	35 5	11.7	»
21	36 0	11.45	5,9
28	35 5	11.7	»
23	36 5	11.6	»
24	37 0	11.5	»
26	36 0	11.75	7,0
27	37 5	11.5	6,5

On voit nettement que tous les moûts dont l'échauffement était monté jusqu'à 39 degrés avaient, au décuvage, une richesse alcoolique très notablement inférieure et une proportion de sucre encore élevée, tandis que ceux dont la température n'avait pas dépassé 37°5 présentaient une richesse alcoolique plus élevée de 1 degré à 1 degré et demi ; la proportion de sucre qu'ils renfermaient encore n'était en général que le quart environ de celle qui persistait dans les vins montés jusqu'à 39 degrés. Il est vrai que, dans ces derniers, le sucre a fini par disparaître au bout de quelques semaines et que les vins se sont bien faits, mais ils n'en sont pas moins restés, pendant toute cette période, exposés aux maladies et donnaient des inquiétudes.

On est frappé de voir quelle différence de qualité existe entre des vins dont la température de fermentation ne s'éloigne que de deux degrés et ces résultats confirment nos expériences antérieures qui avaient montré que le point critique, c'est-à-dire celui auquel l'action de la levure est annulée est situé aux environs de 37 degrés.

L'emploi de la réfrigération, qui permet de maintenir les moûts au-dessous de ce point dangereux, peut d'ailleurs se faire à n'importe quelle température, pourvu que, dans tout le cours de la fermentation, la température de 37 degrés ne soit jamais dépassée. En effet, des moûts qu'on n'a refroidis que lorsqu'ils avaient atteint déjà 36 degrés ont donné les mêmes résultats que ceux qui avaient été refroidis dès qu'ils avaient atteint 27 degrés.

On peut donc, dans cette opération, se mouvoir entre des limites assez larges. Mais, ce qui nous a semblé le plus avantageux, c'est de commencer le refroidissement lorsque la température était montée à 32 ou 33 degrés. A ce moment, la différence de la température du moût et celle de l'eau de réfrigération est assez grande pour occasionner un abaissement notable de température, c'est-à-dire pour enlever un nombre suffisant de calories.

Une surveillance des foudres s'impose pour saisir le moment opportun de la réfrigération et, dans les années chaudes, où le raisin arrive chaud à la cuve, cette surveillance doit être plus active, car la température monte alors souvent jusqu'au point critique en un temps très court.

Abaissement de la température du moût par la réfrigération. — Examinons maintenant les résultats obtenus par les échanges de température entre le moût qui circule à l'intérieur des tubes et l'eau qui arrose leur surface.

Dans les diverses opérations que nous avons faites, la température du moût à refroidir et celle de l'eau elle-même ont varié notablement ; nous donnons à titre d'exemple un aperçu de la marche de ces opérations.

Le tableau suivant résume quelques-unes de nos observations sur ce point ; nous mettons, en regard des températures auxquelles on a

abaissé le moût, celles qu'il a atteintes subséquemment par le cours de la fermentation.

NUMÉROS des foudres.	TEMPÉRATURES DU MOUT à l'entrée du réfrigérant.	TEMPÉRATURES DU MOUT à la sortie du réfrigérant.	TEMPÉRATURES de l'eau.	ABAISSEMENT de température subi par le moût.	TEMPÉRATURES maxima atteintes par le moût après le refroidissement.
—	—	—	—	—	—
	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.	degrés.
19	34 5	23 0	22 0	11 5	37 0
30	34 8	22 0	20 0	12 8	35 5
21	27 0	22 0	20 0	5 0	36 0
28	27 0	21 0	21 0	6 0	35 5
26	36 0	19 0	14 0	17 0	35 0
24	27 0	17 0	14 0	10 0	35 9
27	37 5	19 0	15 0	18 5	34 0
25	35 0	20 0	14 0	15 0	36 25
9	38 0	20 0	14 0	18 0	35 8
8	32 0	19 0	18 0	13 0	34 25
10	30 0	19 0	18 0	11 0	34 5
11	30 5	19 0	17 0	11 5	34 5
7	29 0	19 0	17 0	10 0	35 25
6	32 5	19 0	15 5	13 5	35 5
37	35 5	18 0	15 5	17 5	37 0
16	34 5	20 0	15 5	14 5	37 0
51	33 5	16 0	13 5	17 5	36 0

Si nous discutons ces chiffres, nous sommes amenés aux constatations suivantes :

1° L'eau dont nous disposions en 1896 était relativement froide, puisque sa température variait le plus souvent de 14 à 18 degrés ;

2° L'appareil permettait d'obtenir un refroidissement très énergique et d'abaisser les moûts, quel que soit leur échauffement à leur entrée dans le réfrigérant, jusqu'à une température supérieure seulement de 1 ou 2 degrés à celle de l'eau ;

3° La température du moût à la sortie de l'appareil ayant été maintenue, dans nos expériences, à peu près constante (18 à 20 degrés), le nombre de calories enlevées était d'autant plus grand que le moût était plus chaud à son entrée dans le réfrigérant. C'est ainsi que, pour les moûts entrant à 27 degrés seulement et sortant à 21 ou 22 degrés, il n'y avait qu'une différence de 5 à 6 degrés. Pour ceux entrant à 32 à 35 degrés, le nombre de calories enlevées atteignait 15 à 18 degrés.

L'effet maximum de refroidissement était donc obtenu lorsque les moûts étaient passés dans l'appareil alors qu'ils étaient déjà sensiblement chauds;

4° Mais nous avons vu précédemment qu'il faut éviter de laisser atteindre au moût 38 degrés; c'est le moment où la température est de 32 à 35 degrés que nous avons jugé le plus opportun pour procéder au refroidissement.

En effet, si on pratique la réfrigération lorsque la température du moût est encore assez basse, soit 27 degrés, le nombre de calories enlevées est beaucoup moins considérable, et on est exposé à constater subséquemment un échauffement qui pourrait atteindre le point critique.

5° Après la réfrigération, sous l'influence de la fermentation qui poursuit son cours, la température du moût s'élève, mais dans aucun cas elle ne dépasse 37 à 38 degrés, si le refroidissement a été opéré dans des conditions convenables, et par conséquent elle ne donne aucune inquiétude.

Nous avions, dans nos premières études, manifesté des craintes au sujet d'un abaissement rapide de la température pendant le cours de la fermentation, abaissement qui eût pu produire un arrêt ou tout au moins un ralentissement de l'activité de la levure. Ces craintes n'étaient pas fondées. Nous avons vu, en effet, que des moûts en pleine fermentation, dont la température avait été subitement abaissée de 17 ou 18 degrés, ont continué à fermenter régulièrement et à reprendre leur marche ascendante vers une température qui dénotait l'activité de la levure. Au décuvage, qui se faisait de 8 à 9 jours après le remplissage des foudres, ceux-ci même dont la température avait été abaissée subitement de 16 à 18 degrés atteignaient une richesse alcoolique de 11°5 à 11°7, maximum correspondant à la richesse saccharine du moût. Ils avaient donc atteint le maximum d'alcool, dans tous les cas de refroidissement, même lorsque celui-ci avait été très brusque et très intense.

En résumé, ces études nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

1° Il existe une différence très grande au point de vue de leur ri-

chesse alcoolique et de leur aptitude à la conservation, entre les vins provenant de moûts réfrigérés et ceux des moûts non réfrigérés ou refroidis après avoir atteint déjà un échauffement excessif;

2° Pour être efficace, la réfrigération doit être faite avant que le moût ait atteint le point critique auquel la levure commence à souffrir et qui est un peu supérieure à 37 degrés;

3° C'est aux environs de 33 degrés qu'on a le plus d'avantage à commencer la réfrigération ;

4° Il n'y a aucun inconvénient à abaisser la température du moût jusqu'à 18 degrés environ ; la fermentation n'en continue pas moins pour cela sa marche régulière et les vins atteignent la teneur alcoolique maxima correspondant à la richesse saccharine du moût ;

5° Dans les régions méridionales, la réfrigération a son utilité très réelle, même pendant les automnes relativement frais, qui sont rares d'ailleurs dans ces régions ;

6° Avec une installation convenable, la réfrigération s'opère avec la plus grande facilité, sur les plus grandes quantités de vendange qu'on puisse avoir à traiter dans les grandes propriétés et elle n'occasionne que des frais insignifiants. On voit que la réfrigération des moûts devrait être adoptée par la viticulture méridionale comme pratique courante. Elle permet en effet d'améliorer notablement la qualité des vins au double point de vue de leur richesse alcoolique et de leur aptitude à la conservation. Ces considérations ont la plus grande importance, la vinification s'opérant presque toujours, dans ces régions, d'une façon défectueuse, les vins restant longtemps troubles et douceâtres, exposés à des maladies qui font souvent perdre des récoltes entières.

LA FORMATION DE L'AMMONIAQUE DANS LES VINS

PAR

MM. A. MÜNTZ et E. ROUSSEAUX

Lorsque la fermentation alcoolique s'accomplit normalement, la levure seule ou presque seule est maîtresse du terrain. On obtient alors des fermentations franches, caractérisées par la transformation complète du sucre en alcool et en quelques produits secondaires.

Mais lorsque, par une cause ou par une autre, l'action de la levure est entravée, avant d'avoir pu s'achever, d'autres organismes, qui existent en grande quantité dans la vendange, même la plus saine, et qui avaient été en quelque sorte annihilés par l'activité prépondérante de la fermentation alcoolique, manisfestent alors leur présence et envahissent le moût, victorieux d'un organisme affaibli, par un de ces retours que produit la lutte pour la vie.

Les microbes qui se trouvent à côté de la levure sont extrêmement nombreux. Outre la fleur de vin et le ferment acétique, dont il est toujours facile d'avoir raison, en empêchant l'accès de l'air, une grande multiplicité d'êtres divers, appartenant surtout aux bactéries, viennent, à la faveur du sucre non transformé qui leur sert d'ali-

ment, remplir toute la masse du liquide vineux qu'ils rendent trouble par leur présence même et dont ils modifient considérablement la composition chimique. Ils produisent, en effet, des fermentations différentes de la fermentation alcoolique et élaborent des substances qui rendent souvent le vin impropre à la consommation.

C'est là la principale cause des maladies des vins.

C'est surtout à l'échauffement du moût dans le cours de la fermentation qu'il faut attribuer le développement de ces organismes nuisibles.

Nous avons montré[1], et d'autres observateurs l'ont fait également, que dans les régions méridionales on voit fréquemment, on peut même dire généralement, la température du moût s'élever, par suite de la chaleur dégagée pour la transformation du sucre en alcool, jusqu'à 38, 39 et même 42 degrés.

Nous avons vu que, dans ces conditions, la levure alcoolique perd sa vitalité et qu'il reste dans le liquide de notables quantités de sucre non transformé. C'est alors qu'on voit apparaître, avec une rapidité foudroyante, les fermentations bactériennes qui déterminent la perte de récoltes entières.

Ces organismes trouvent dans le liquide tous les éléments de leur multiplication et, l'action de la levure étant arrêtée, ils n'ont plus à combattre cette concurrence vitale.

Une température élevée d'ailleurs, qui est une cause d'arrêt pour le ferment alcoolique, est, au contraire, une condition favorable au développement des ferments bacillaires, qui se plaisent dans les milieux plus chauds.

L'échauffement excessif des moûts est donc la cause essentielle de l'invasion de ces organismes.

Lorsque les moûts contiennent naturellement peu d'acide, ils sont plus sujets encore à devenir le siège des ferments de maladies, qui prospèrent moins bien dans des milieux plus acides.

Les différentes maladies produites par les ferments bacillaires ont

1. *Annales de la Science agronomique française et étrangère,* 1894, 1895 et 1896.

fait l'objet d'études nombreuses et, pour beaucoup d'entre elles, les chimistes ont montré quelles étaient les modifications apportées dans la composition du vin.

On a constaté ainsi la disparition de la crème de tartre, la formation de divers acides fixes et volatils, celle de la mannite, l'altération de la matière colorante, etc., qui ont pour effet d'enlever au vin ses qualités et de le rendre le plus souvent impropre à la consommation.

Toutes les réactions chimiques produites sous l'action des ferments de maladies ne paraissent cependant pas avoir été étudiées.

Des considérations théoriques nous ont fait penser qu'il y avait lieu de porter son attention sur la production de l'ammoniaque ; la plupart des bactéries sont, en effet, des ferments des matières albuminoïdes, qu'ils décomposent en produits plus simples, parmi lesquels apparaît presque toujours l'ammoniaque, dernier terme de leur action. Dans les cuves en fermentation, les matières azotées végétales sont abondantes ; le raisin en contient en quantité notable et les bactéries les trouveront en majeure partie dans le marc, en petite quantité aussi dans le liquide vineux.

D'ailleurs, la levure morte elle-même peut constituer une nourriture azotée, pour ces puissants destructeurs de la matière organique.

Le développement et le fonctionnement de la levure ne produisent pas d'ammoniaque ; la levure emprunte aux éléments azotés, et à l'ammoniaque elle-même, comme l'a montré Pasteur, l'azote nécessaire à la formation de ses propres tissus. La fermentation alcoolique n'est donc pas une cause de transformation des matières azotées en ammoniaque.

En examinant, au point de vue de leur teneur en ammoniaque, des vins de diverses origines, et des vins de même origine, mais obtenus dans des conditions variées, nous avons pu mettre en relief un certain nombre de faits, qui nous paraissent intéressants au point de vue de la constitution du vin.

Rappelons d'abord que le dosage de l'ammoniaque en présence des matières organiques azotées présente de grandes difficultés et

qu'il n'a de valeur qu'autant que toutes les causes d'altérations de ces matières azotées ont été écartées.

Aussi ne saurait-on prendre en considération des résultats obtenus en distillant le vin avec de la soude, ou tout autre alcali caustique. On sait depuis longtemps qu'à la température de l'ébullition et sous l'influence de ces alcalis, les matières organiques azotées dégagent de l'ammoniaque et, par suite, on peut trouver de grandes quantités de cette base volatile là où, en réalité, il n'en existe aucune trace.

Boussingault a insisté sur les précautions qu'il convient de prendre pour doser ce qu'il appelait *l'ammoniaque toute formée* et il a fait choix, pour la déplacer, de la magnésie dont l'action sur les matières azotées organiques est presque nulle.

Cependant, lorsqu'il se trouvait en présence de matières azotées très altérables, il avait conseillé de faire la distillation à basse température, sous l'influence du vide.

L'un de nous[1], en déterminant l'ammoniaque dans des jus végétaux, a montré qu'en se servant, pour déplacer l'ammoniaque, du carbonate de soude, et en opérant la distillation à une température ne dépassant pas 35 degrés, aucune trace d'ammoniaque ne se formait, même aux dépens des substances azotées les plus altérables.

C'est cette méthode que nous avons employée pour doser l'ammoniaque dans les vins.

Le dispositif adopté était le suivant (fig. 1). Le vin était introduit dans un ballon B de 1 litre, avec 2 gr. de carbonate de soude sec et pur; on ajoutait quelques gouttes d'huile destinée à empêcher la formation de la mousse. Ce ballon, plongé dans un bain-marie M, portait un bouchon de caoutchouc et un tube T recourbé, dont une extrémité, taillée en sifflet, était percée d'un trou par lequel on suspendait un thermomètre T, qui permettait de surveiller la température du ballon. L'autre extrémité de ce tube était reliée, à l'aide d'un

1. A. Müntz, Recherches sur l'intervention de l'ammoniaque atmosphérique dans la nutrition végétale. (*Annales de la Science agronomique française et étrangère*, 1896.)



caoutchouc, muni d'une pince à vis *p*, à un tube étiré plongeant au fond d'une sorte d'éprouvette profonde E, élargie à la partie supérieure en forme de ballon, et dans laquelle se trouvait de l'acide sulfurique dilué. Cette éprouvette, plongée dans l'eau froide, était reliée à une trompe à eau.

L'appareil étant ainsi disposé, le vide est fait à l'aide de la trompe

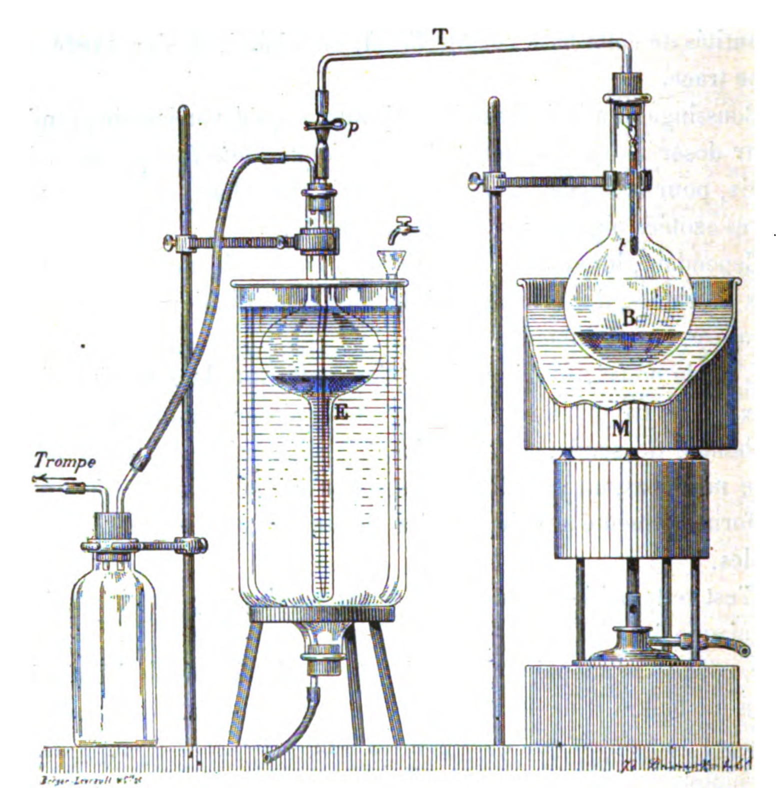


Fig. 1. — Appareil pour le dosage de l'ammoniaque dans le vide.

à eau. Le bain-marie est allumé de façon à ce que la température indiquée par le thermomètre, placé à l'intérieur du ballon, soit voisine de 35 à 38 degrés. Dans ces conditions, la distillation s'effectue rapidement ; le liquide volatilisé se condense dans la solution acide, qui retient toute l'ammoniaque. On distille presque à sec, pour être certain d'entraîner les dernières traces d'ammoniaque.

Le liquide acide, distillé ensuite dans un appareil à serpentin ascendant, en présence de la soude, donne l'ammoniaque, qu'on dose par les procédés usuels, trop connus pour que nous ayons à les indiquer ici, mais en employant de l'acide sulfurique titré très étendu, au cinquantième par exemple, et de l'eau de chaux au cinquième. On dose ainsi l'ammoniaque avec une approximation très grande, on obtient facilement le centième de milligramme.

Une première série de déterminations, nous a montré qu'on trouvait de l'ammoniaque dans tous les vins et que la proportion variait entre des limites très écartées, depuis 2 ou 3 milligrammes jusqu'à plus de 100 milligrammes par litre, quantité qu'on peut appeler énorme.

Quelle est la cause de la formation de l'ammoniaque?

Puisque ce n'est pas la fermentation alcoolique qui peut lui donner naissance, nous devons la chercher dans les fermentations secondaires.

Nous avons vu que lorsque des moûts arrivaient à une température élevée, la levure était tuée et que des ferments de maladies en prenaient la place.

Voici quelques résultats obtenus en 1895, année particulièrement chaude, où la température des moûts s'est élevée considérablement et où nous n'avions que des moyens de refroidissement insuffisants.

	NUMÉROS des foudres.	TEMPÉRATURE maxima atteinte par le moût.	AMMONIAQUE par litre.
	—	—	—
		degrés.	milligr.
Carignan . .	25	37,5	6,6
	30	37,5	24,0
	4	37,6	22,5
	9	38,0	16,5
	23	40,5	52,2
	13	40,5	60,0
	29	41,0	57,3

On voit très nettement que ce sont les températures les plus élevées, surtout celles ayant atteint ou dépassé 40 degrés, qui ont donné les plus grandes quantités d'ammoniaque.

La corrélation qui existe entre la production de l'ammoniaque et la température atteinte par le moût fait penser que les ferments bacillaires, dont on constate l'existence lorsque l'élévation de température est trop grande, devaient être regardés comme la cause de la production de l'ammoniaque.

Examinons comparativement les vins de la vendange de 1896, où les moûts n'ont pas en général subi un échauffement très élevé, tant à cause de la basse température initiale du raisin que de la réfrigération qu'on a fait subir au moût en temps opportun :

	NUMÉROS des foudres.	TEMPÉRATURE maxima atteinte par le moût.	AMMONIAQUE par litre.
	—	—	—
		degrés.	milligr.
	8	34,25	3, 2
Carignan.	6	35,25	5,44
	7	35,25	7,68
	51	36,0	5,12
	26	36,0	2,24
	25	26,25	10,56
	16	37,0	7,68
	37	37,0	11,52
	47	40,0	21,92

On voit que les proportions d'ammoniaque sont assez variables d'un vin à l'autre, généralement très faibles, lorsque la température elle-même s'est maintenue peu élevée. Cette température nous apparaît comme le facteur principal de la production de l'ammoniaque, mais non comme le facteur unique, puisqu'on constate des différences appréciables dans les vins qui ont fermenté à des températures très voisines.

Si nous comparons entre elles les moyennes des températures de fermentation et celles des proportions d'ammoniaque formée dans les vins de ces deux années consécutives, nous trouvons :

	TEMPÉRATURE moyenne atteinte par le moût.	QUANTITÉ moyenne d'ammoniaque par litre.
	—	—
	degrés.	milligr.
En 1895	40,0	45
En 1896	35,5	6

Il ne s'agit ici que des vins de coule, pris au moment du décuvage, et faits en rouge avec des carignan, après avoir cuvé pendant environ 8 jours. L'influence de l'année est-elle pour quelque chose, indépendamment de la température, dans les différences très notables constatées dans ces deux vendanges?

Il nous serait difficile de le dire. Pourtant l'analyse des moûts n'a pas montré des différences sensibles d'une année à l'autre; la proportion d'acide, qui est si importante au point de vue d'une saine vinification, a été sensiblement la même, la maturité était complète dans les deux cas, et la seule différence qu'on ait observée consiste dans la proportion du sucre, qui a été un peu plus élevée en 1896 que l'année précédente. Mais cette différence ne saurait expliquer une diminution dans la proportion de l'ammoniaque; tout au contraire, elle est de nature à rendre la fermentation plus difficile et à favoriser ainsi l'action des bacilles.

Quelle est l'origine de l'ammoniaque formée? C'est évidemment dans la matière azotée qui existe dans le marc et dans le moût qu'il faut la chercher. On trouve, dans le raisin, 15 à 20 fois plus d'azote, sous la forme de matière albuminoïde, qu'il n'en a fallu pour produire les quantités les plus élevées d'ammoniaque que nous ayons constatées.

La présence d'une grande quantité d'ammoniaque dans le vin doit toujours faire penser qu'il y a eu une fermentation défectueuse et doit faire craindre pour la bonne conservation du vin.

Il n'y a pas lieu de considérer l'ammoniaque en elle-même comme une cause d'infériorité du vin, car cette ammoniaque paraît persister et se trouve alors là comme un corps inerte; mais ce qui rend sa présence en forte quantité digne d'attention, c'est la révélation d'une fermentation défectueuse du début, qui peut avoir quelquefois des conséquences graves pour la conservation ultérieure du vin.

L'ammoniaque est donc un élément qu'il convient de rechercher dans les vins qu'on veut faire vieillir; il sera prudent de n'accepter qu'après un examen minutieux ceux dans lesquels la proportion d'ammoniaque se trouve très élevée.

Jusqu'ici, c'était une simple supposition de notre part que les micro-organismes étaient la cause de la production de l'ammoniaque dans le moût, lorsque la température de celui-ci s'élève outre mesure.

Nous avons cherché la démonstration de cette hypothèse en isolant quelques-uns des micro-organismes très nombreux qui se trouvent dans ces vins et en étudiant leur action sur des bouillons de culture riches en matière azotée.

Le milieu sur lequel nous avons opéré était formé d'une solution de gélatine, de peptone et de phosphate de potasse.

On y a déterminé l'ammoniaque préexistante, parce que, dans un pareil milieu, soit naturellement, soit du fait de la stérilisation à 120 degrés, il existe toujours une petite quantité d'ammoniaque.

Dans des quantités égales de ce bouillon, nous avons ensemencé, d'un côté des levures de vin isolées à l'état de pureté, et, de l'autre, les dépôts formés dans différents vins, les uns contenant très peu d'ammoniaque, les autres en contenant des proportions notables.

Au moment de l'ensemencement, nous avons examiné ces dépôts au microscope. Voici le résumé de ces essais :

Nos.	DÉSIGNATION.
1	Bouillon témoin.
2	Autre bouillon témoin.
3	Même bouillon ensemencé de levure de vin pure.
4	— — d'une autre levure de vin pure.
5	Même bouillon ensemencé de lie de vin contenant par litre 3mgr,2 d'ammoniaque. (Levure presque pure, quelques rares organismes arrondis, mobiles.)
6	Même bouillon ensemencé de lie de vin contenant par litre 5mgr,12 d'ammoniaque. (Quelques bacilles très petits à angles très arrondis.)
7	Même bouillon ensemencé de lie de vin contenant par litre 21mgr,92 d'ammoniaque. (Bacilles très petits, ronds ou allongés, quelques-uns étranglés au milieu.)
8	Même bouillon, ensemencé de lie de vin contenant par litre 30mgr,00 d'ammoniaque. (Bacilles ronds et allongés dont quelques-uns assez gros.)
9	Même bouillon, ensemencé de lie de vin contenant par litre 25mgr,28 d'ammoniaque. (Bacilles arrondis et allongés, très nombreux.)
10	Même bouillon, ensemencé de lie de vin contenant par litre 59mgr,66 d'ammoniaque. (Bacilles très nombreux dont quelques-uns à articles.)

Quinze jours après l'ensemencement, on a dosé l'ammoniaque dans ces divers bouillons. Voici les résultats obtenus :

NUMÉROS.	AMMONIAQUE		
	préexistante.	après 15 jours.	formée.
—	—	—	—
	milligr.	milligr.	milligr.
1	3,94	3,94	0,00
2	3,95	3,95	0,00
3	3,95	4,55	0,60
4	3,95	4,69	0,74
5	3,95	4,57	0,62
6	3,95	4,75	0,80
7	3,95	5,41	1,46
8	3,95	34,25	30,30
9	3,95	83,23	79,28
10	3,95	28,65	24,70

Nous voyons que dans ces milieux facilement altérables, où la formation de l'ammoniaque devait se produire facilement, la levure de bière n'a donné naissance qu'à de très faibles traces, quoiqu'elle se fût développée abondamment. Elle a donc, dans ce milieu exceptionnel, joué un rôle qui ne lui est pas habituel, mais elle ne l'a fait que dans une mesure extrêmement faible.

Quant aux lies de vins très pauvres en ammoniaque, et dans lesquelles d'ailleurs on n'a trouvé qu'un petit nombre d'organismes, elles n'ont produit que des quantités d'ammoniaque insignifiantes.

Là, au contraire, où les vins renfermaient de fortes proportions d'ammoniaque et où on a rencontré des organismes nombreux et variés, on a obtenu un ensemencement donnant naissance à de fortes quantités d'ammoniaque. Évidemment on avait affaire à ces ferments des matières albuminoïdes dont l'action est si rapide sur la décomposition des matières azotées, avec formation de composés ammoniacaux.

Il existe donc une corrélation étroite entre la présence de ces organismes dans les vins, la proportion d'ammoniaque dans ces mêmes vins, et l'aptitude des lies correspondantes à déterminer les fermentations albuminoïdes.

Nous avons démontré plus haut que la température à laquelle montent les moûts en fermentation favorise la production de l'ammoniaque. Nous pouvons donc dire que c'est elle qui est la cause principale du développement des ferments des matières albuminoïdes dont nous venons de signaler la présence.

Nous devons ajouter que, quelquefois, en ensemençant des lies de vin sur des bouillons de culture il se forme d'épaisses couches de moisissures (*penicillum* et *mucor*) qui donnent également, dans ce milieu fortement azoté, naissance à des quantités notables d'ammoniaque.

Nous avons pensé que le développement de ces micro-organismes producteurs d'ammoniaque, qui est généralement facilité par le contact limité de l'air, pouvait s'exercer pendant le pressurage du marc. Celui-ci étant manié à l'air, pendant le transport au pressoir et contenant d'ailleurs la plus grande partie de la matière azotée qui existait dans le raisin, nous semblait devoir être le siège d'une fermentation ammoniacale énergique.

Lors du décuvage, le marc est d'abord porté à un grand pressoir Mabille, qui est serré à fond. Cette opération dure cinq à six heures. Mais, comme tout le liquide imprégnant le marc n'est pas enlevé, on divise celui-ci à la bêche et on lui fait subir une nouvelle expression, dans un autre pressoir, qui en fait sortir le vin de dernière presse, plus âpre encore et moins coloré que celui de la première expression.

Nous avons examiné comparativement le contenu de divers foudres, en recueillant séparément le vin de coule, le vin de presse, pris au commencement et à la fin du premier pressurage, puis le vin de presse, pris au commencement et à la fin du deuxième pressurage.

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

NUMÉROS des foudres.	AMMONIAQUE PAR LITRE				
	Vin de coule.	1er pressurage. — Vin pris		2e pressurage. — Vin pris	
		au commencement.	à la fin.	au commencement.	à la fin.
—	—	—	—	—	—
	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
47	21,92	17,28	6,88	12,48	14,40
51	5,12	2,88	3,52	»	2,56
2	12,00	5,12	1,28	»	»
19	6,08	10,72	18,72	30,00	14,20
21	5,12	25,28	4,96	21,28	14,56
24	3,84	17,92	»	20,16	11,20
27	14,72	13,60	5,12	21,76	20,48
29	3,20	24,32	4,48	22,40	5,92

Il est difficile de tirer une conclusion de ces chiffres.

Nous voyons tantôt l'ammoniaque augmenter dans les vins de presse, tantôt nous la voyons diminuer. Il est probable qu'on se trouve en présence d'organismes divers, dont les uns, au contact de l'air, agissent plus efficacement sur les matières albuminoïdes et produisent ainsi de l'ammoniaque, dont les autres, au contraire, sous cette même excitation, s'emparent de l'ammoniaque formée pour constituer leurs tissus.

Lorsque les marcs ont été bien exprimés par le second pressurage, on les transforme en piquettes en opérant un lavage par déplacement, qui chasse devant lui le vin qui imprégnait encore les marcs.

Au sortir du pressoir, les marcs sont transportés aux cuves de déplacement dans des sacs ; pendant le chargement et le déchargement de ces derniers, ils ont subi largement le contact de l'air et ils ont alors une tendance à s'échauffer et à s'altérer, ce qu'on empêche par des arrosages à l'eau froide.

Il n'en est pas moins vrai que les micro-organismes se développent pendant ce temps en grande abondance et ce sont principalement des bactéries et des moisissures. Aussi devions-nous nous attendre à voir les proportions d'ammoniaque augmenter considérablement dans les piquettes, et c'est ce qui ressort nettement des quelques chiffres suivants :

			AMMONIAQUE par litre. — milligr.
Mas-Déous 1895	Moyenne dans le vin		45,0
	— les piquettes		103,5
Mas-Déous 1896	Moyenne dans le vin		6,0
	Piquette à	8 degrés	59,66
	Id.		22,48
	Id.	9°,5	9,54
	Id.	10°,0	18,63
	Id.	7°,0	16,17
	Id.	8°,5	46,97
	Id.	9°,5	16,48
	Id.	9°,5	25,10
	Id.	6°,5	37,42
	Id.	7°,5	29,41
	Moyenne dans les piquettes		28,18
Château-Reysson (Médoc) 1896	Moyenne dans le vin		10,1
	— les piquettes		37,5

On voit que dans tous les cas la proportion d'ammoniaque est beaucoup plus considérable dans les piquettes que dans les vins.

Peut-on saisir une relation entre la proportion d'ammoniaque et l'état maladif des vins ?

Nous avons examiné à ce point de vue des vins dont l'état de conservation laissait à désirer.

Vins douceâtres. — Dans les régions méridionales d'une certaine partie du midi de la France, l'Algérie et la Tunisie, les fermentations sont souvent incomplètes et les vins gardent une saveur douceâtre, se clarifient mal et prennent souvent une pointe d'acidité ; on y trouve des organismes de diverses natures.

Des vins du Roussillon de la récolte de 1895 qui, pendant le cours de la fermentation, avaient atteint des températures élevées et étaient restés un peu douceâtres, contenaient des proportions d'ammoniaque généralement très élevées (40 à 50 milligr. par litre) et quelquefois jusqu'à 60 milligrammes.

Les vins de la même localité, récoltés en 1896, qui avaient fermenté à une température plus basse, avaient perdu rapidement leur pointe de douceur et ne contenaient en moyenne que 5 à 7 milligrammes d'ammoniaque par litre.

Il y a donc une corrélation entre la tenue des vins, leur bonne fermentation et la proportion d'ammoniaque qu'ils renferment.

Vins mannités. — En 1893, où la température a été très élevée, beaucoup de vins se sont trouvés contenir de la mannite. Cette production de mannite est due à un organisme spécial décrit par MM. Gayon et Dubourg.

Nous avons examiné, pour un même vignoble situé dans la Gironde, des vins de la même propriété dont les uns étaient mannités et dont les autres ne l'étaient pas.

		AMMONIAQUE par litre. — milligr.
Vins non mannités.	Moyenne .	20,50
Vins mannités . .	1.	48,00
	2.	30,00
	3.	38,60
	4.	37,00
	Moyenne .	38,40

Il y a donc plus d'ammoniaque dans les vins mannités, sans cependant que ce fait soit très frappant.

Vins cassés. — En 1896, beaucoup de vins de la Gironde se sont trouvés exposés à la casse, c'est-à-dire à la décoloration au contact de l'air. On attribue actuellement cet effet à une diastase oxydante.

Dans un domaine de la Gironde, nous avons examiné des vins de la même récolte dont les uns s'étaient très bien faits et n'étaient pas sujets à la casse, dont les autres étaient exposés à se casser au contact de l'air, dont les autres enfin manifestaient déjà une casse assez avancée :

	AMMONIAQUE par litre. — milligr.
Les premiers contenaient	4,92
Les seconds —	10,62
Les derniers —	23,36

Ici encore il y a une relation entre l'état maladif des vins et la proportion d'ammoniaque qu'ils renferment.

Nous n'avons pas eu l'occasion d'examiner la teneur en ammoniaque de vins sujets à d'autres maladies.

Que devient l'ammoniaque ainsi formée dans le vin au bout d'un certain temps ?

Il y a lieu de croire qu'elle se maintient à peu près constante pendant des années. Nous avons en effet examiné des vins gardés 2 et 3 ans en barriques et ensuite autant de temps en bouteille ; ils contenaient des quantités d'ammoniaque sensiblement égales à celles que nous trouvons normalement dans les vins jeunes.

VIN ROUGE de la Gironde. —	AGE. —	AMMONIAQUE par litre. — milligr.
Récolte de 1890 . .	6 ans 1/2	12,00
— 1891 . .	5 —	12,00
— 1892 . .	4 —	15,00
— 1893 . .	3 —	30,00
— 1894 . .	2 —	24,00

Comme on le voit d'après ces résultats, l'ammoniaque paraît persister dans les vins.

Il sera donc possible de reconnaître, même après plusieurs années, si un vin a eu ou non une fermentation défectueuse ou s'il a eu des maladies qui laisseront comme témoin de leur passage des proportions relativement élevées d'ammoniaque.

La détermination de cette base présente donc un réel intérêt surtout dans les vins qu'on veut laisser vieillir. En effet, les vins qui semblent devoir se comporter le mieux sont ceux dans lesquels la proportion d'ammoniaque est peu élevée.

Comme, d'autre part, la température à laquelle montent les moûts en fermentation favorise le développement des organismes producteurs d'ammoniaque, on voit l'intérêt qu'il y a, ici encore, à empêcher les moûts d'atteindre un échauffement excessif par la pratique de la réfrigération judicieusement appliquée.

ÉTUDES

SUR

LA CANNE A SUCRE

DOSAGE DU SUCRE — COMPOSITION DE LA CANNE — ÉCHANTILLONNAGE

PAR

M. H. PELLET

CHIMISTE-CONSEIL

PREMIÈRE PARTIE

ÉCHANTILLONNAGE DE LA CANNE

ÉCHANTILLONNAGE DES CANNES DANS LES CHAMPS EN GÉNÉRAL

On a souvent intérêt à connaître la qualité de la canne de tel ou tel champ, soit de telle ou telle parcelle, lorsqu'on a procédé, par exemple, à des essais d'engrais chimiques ou à des expériences diverses sur la culture de la canne, sur le mode de plantation, l'écartement des plants, l'irrigation, etc.

En outre, lorsqu'on veut suivre le développement des cannes pendant toute la végétation, il faut également être certain qu'on opère chaque fois sur un échantillon moyen comparable au précédent.

Autrement, on obtient des résultats absolument impossibles, n'ayant aucune valeur et au contraire pouvant donner lieu à des in-

terprétations complètement erronées. Enfin, à certain moment, il est utile de connaître la qualité moyenne de la canne que l'on doit bientôt travailler afin de pouvoir au besoin conseiller ou ordonner la coupe de tel champ plutôt que de tel autre.

Ce sont là des questions très intéressantes, mais qui n'ont de valeur qu'autant que l'échantillon représente bien la moyenne de chaque parcelle ou de chaque champ.

I. — Échantillonnage dans les champs d'expériences.

A ce point de vue, les expériences ou plutôt les indications détaillées n'ont pas été très nombreuses, du moins celles qui ont reçu une certaine publicité.

Nous devons citer comme s'étant particulièrement occupés de cette question d'échantillons :

M. J. Rouff, à la Martinique ;

M. P. Bonâme, à l'île Maurice ;

M. le Dr H. Winter, au laboratoire de recherches de Ouest-Java (Kagok Tegal).

1° Essais de J. Rouff à la Martinique.

M. J. Rouff, chimiste, de la compagnie des engrais de la Martinique, a publié en 1883 une étude remarquable sur la canne à sucre, comprenant deux mémoires. Dans le second mémoire, il est bien question de la méthode à suivre pour composer des échantillons comparables entre eux, mais l'auteur reporte le lecteur au 1er mémoire contenant tous les détails. Jusqu'ici, malheureusement, nous n'avons pu nous procurer ce document qui devait contenir très certainement de très bonnes indications relatives à la préparation des échantillons de cannes destinées à l'analyse complète à des époques variables. Sans cela, les conclusions de M. J. Rouff n'auraient pas eu toute la valeur qui a été attribuée à ses travaux et à juste titre.

2° *Essais de H. Winter à Java.*

Après plusieurs essais pour la détermination de la quantité de cannes à prélever par parcelle, l'auteur arrive à cette conclusion qu'il faut au moins 30 cannes par chaque lot et prendre plusieurs lots suivant la surface à essayer[1].

Cependant, H. Winter conseille encore de choisir les cannes pour composer cet échantillon en prenant les pieds ni les plus faibles ni les plus forts.

Il arrive aussi à donner des analyses desquelles il résulte qu'en prenant deux échantillons suivant deux diagonales d'une parcelle et en analysant chaque lot, on obtient des résultats absolument semblables.

H. Winter a conseillé, comme nous l'avons fait aussi, de couper les cannes en deux parties suivant la longueur afin d'avoir moins de poids de matière à couper et à mélanger.

Mais les analyses citées sont peu nombreuses et, ensuite, pour la confection des deux lots, il y a eu un choix de cannes ne représentant ni les plus faibles, ni les plus fortes.

Il s'ensuit qu'on a composé deux échantillons identiques, mais cela ne veut pas dire que les chiffres obtenus représentent bien la moyenne du champ à analyser.

D'après nous, il faut absolument prendre des cannes tout venant non choisies et prélever à chaque échantillon au moins 20 à 25 cannes.

Il ne reste plus qu'à connaître le nombre d'échantillons à prendre suivant la surface du champ et sa régularité et alors la moyenne des analyses donnera un résultat très approché de la vérité et très comparable. Parce qu'il faut bien dire encore que pour connaître la moyenne des tiges à enlever représentant ni les trop faibles ni les trop fortes, il faut se rendre compte d'abord de l'aspect général du champ, non pas extérieurement mais intérieurement. Or, il est rare

1. *Berichte der Versuchsstation für Zuckerrohr in West Java-Kagok-Tegal* (Java), du Dr Wilhelm Krüger. 1er volume, 1890, p. 20, et 2e volume, 1896, p. 53.



qu'il y ait une régularité parfaite dans le rendement. Là, sur 1 hectare, il y a des cannes superbes; plus loin, sur 2 hectares, il y a une végétation moins belle, des cannes couchées. Plus loin encore des cannes restées petites et enfin une surface notable de cannes moyennement bien venues parmi lesquelles il y a toujours des cannes de toute richesse et de tout poids. Allez donc prélever dans un champ de cannes ayant encore toutes leurs feuilles plus ou moins desséchées 30 cannes correspondant exactement à la moyenne! Cela nous semble impossible, et tous ceux qui ont pénétré à l'intérieur d'un champ de cannes seront de notre avis.

3° *Essais de M. P. Bonâme.*

M. P. Bonâme a observé des faits analogues, c'est-à-dire la difficulté de l'échantillonnage d'un champ de cannes[1].

Dans son rapport annuel de la Station agronomique de l'île Maurice pour 1895, ce chimiste cite des exemples, et il conclut en disant que, suivant la surface, il faut prendre le plus d'échantillons possible pour obtenir un résultat se rapprochant de la moyenne exacte, mais sans indiquer plus particulièrement le nombre de cannes pour chaque échantillon et combien d'échantillons pour une surface déterminée.

Mais M. P. Bonâme indique une manière d'opérer permettant de réduire également la quantité de cannes à passer au moulin ou au coupe-cannes. Si on doit les transformer en cossettes pour une analyse directe, M. Bonâme en effet conseille d'assortir les cannes à peu près par ordre de grosseur, longueur, apparence générale et de diviser chaque canne en 4 parties égales suivant la longueur. On prélève les tronçons 1 et 3 sur une canne et les tronçons 2 et 4 sur la canne suivante et ainsi de suite; si, comme nous l'avons dit, on découpe chaque tronçon en 2 parties suivant l'axe longitudinal de la canne, on n'a plus au total que le quart du poids total de la canne. C'est un moyen à essayer. M. Bonâme donne quelques résultats comparatifs.

1. P. 38 et suivantes.

Tableau I.

	LOT ANALYSÉ			LOT RESTANT et analysé pour vérification.		
	Densité du jus.	Sucre p. 100 de cannes.	Glucose p. 100 de cannes.	Densité du jus.	Sucre p. 100 de cannes.	Glucose p. 100 de cannes.
	—	—	—	—	—	—
	1 062	15.0	1.03	1 062	15.03	1.11
	1 059	9.55	1.31	1 059	9.64	1.44
	1 058	9.94	1.20	1 059	10.03	1.10
	1 074	13.37	0.68	1 073	13.14	0.65
	1 075	13.70	0.45	1 074	13.59	0.36
	1 066	10.82	1.62	1 066	10.55	1.62
	1 067	10.92	1.54	1 066	10.64	1.66
	1 066	13.65	0.99	1 065	13.60	1.04
	1 076	14.27	0.22	1 075	14.01	0.29
	1 070	12.60	0.71	1 074	13.72	0.57
	1 059	9.97	0.66	1 061	10.43	0.59
Moyennes .	1 067.1	12.16	0.95	1 066.7	12.21	0.95

On voit que les moyennes sont bien suffisamment exactes.

Cependant, M. P. Bonâme fait remarquer que, malgré tout, l'échantillonnage ne correspond pas à la moyenne générale de toutes les cannes de la parcelle ou du champ qui seront passées au moulin, parce qu'on ne prend pas des quantités bien proportionnelles des cannes malades, ratées[1] ou brisées, et en général le jus de l'échantillon en petit est plus riche que celui du moulin.

Tableau II.

	JUS DU MOULIN du laboratoire.			JUS DU MOULIN de l'usine.		
	Densité du jus.	Sucre p. 100 de cannes.	Glucose p. 100 de sucre.	Densité du jus.	Sucre p. 100 de cannes.	Glucose p. 100 de cannes.
	—	—	—	—	—	—
1. . . .	1 084	15.70	2.4	1 075	14.09	4.2
2. . . .	1 080	14.98	0.9	1 078	14.85	1.7
3. . . .	1 077	14.17	3.1	1 075	14.04	3.5
4. . . .	1 077	13.82	3.1	1 075	13.64	2.3
5. . . .	1 076	13.60	5.2	1 074	13.42	4.6
6. . . .	1 071	13.38	0.9	1 068	12.95	2.6
7. . . .	1 070	12.09	5.4	1 077	12.55	12.1
8. . . .	1 066	12.02	3.4	1 065	12.00	3.8
9. . . .	1 064	10.68	14.2	1 063	11.18	10.6
10. . . .	1 060	9.45	21.6	1 060	10.16	17.7
11. . . .	1 076	14.28	0.4	1 069	12.87	2.2
12. . . .	1 072	14.02	1.2	1 067	12.65	3.1
Moyennes .	1 072.8	13.18	4.5	1 070.5	12.87	5.7

1. Ceci veut dire abîmées par les rats.

Il y a des résultats assez approchés dans les deux cas, mais dans d'autres la différence atteint près de 1 $^{1}/_{2}$ p. 100 de sucre en moins par le moulin, puis le glucose également est plus fort, calculé pour 100 gr. de sucre, lorsqu'on prend le jus moyen de toutes les cannes écrasées.

Si donc la moyenne suffit pour l'ensemble de la journée en appliquant au besoin un coefficient de réduction, soit 0.98, il n'en est plus de même lorsqu'on veut comparer la récolte de différentes pièces de terre.

Alors on doit avoir réellement les résultats comparatifs sinon absolus, et pour cela il faut répéter les analyses et les vérifier à plusieurs reprises, comme le dit très bien M. Bonâme.

Un seul essai peut conduire à des résultats absolument faux.

Prenons-en quelques exemples dans le rapport annuel de la Station agronomique de l'île Maurice de 1895.

Tableau III.

	N° 1. — 1/10 d'arpent pesé, et le tout rapporté à l'arpent : Jus analysé à l'usine.				N° 2. — 1/10 d'arpent pesé, et le tout rapporté à l'arpent : Jus analysé à l'usine. Pièces contiguës aux numéros ci-contre.			
	Densité du jus.	Sucre p. 100 de cannes.	Glucose p. 100 de sucre.	Pureté du jus.	Densité du jus.	Sucre p. 100 de cannes.	Glucose p. 100 de sucre.	Pureté du jus.
1.	1 074.5	12.34	12.1	79.0	1 073.5	13.03	6.5	85.8
2.	1 074	13.04	5.9	85.3	1 072	13.18	5.3	88.5
3.	1 072	12.77	5.6	86.5	»	»	»	»
4.	1 072.5	12.97	6.2	86.5	»	»	»	»
5.	1 070	12.49	6.3	86.3	»	»	»	»
6.	1 070	12.51	6.4	86.3	1 077	14.10	3.4	88.6
7.	1 068.5	11.99	8.0	85.0	1 080	14.88	2.8	90.5
8.	1 072	13.39	5.9	90.1	1 081	15.29	2.3	91.5
9.	1 071	13.05	6 3	88.8	1 081	15.28	2.3	91.5
10.	1 076	14.09	5.5	90.0	1 081	14.86	3.3	88.9
11.	1 080	14.60	3.8	89.6	1 084	15.38	3.5	89.3

Ainsi, il y a des différences très notables pour certains échantillons, le n° 7, par exemple, où l'on a une richesse de 12 p. 100 de la canne, 8 de glucose p. 100 de sucre et 85 de pureté, alors qu'un échantillon contigu, analyse du jus au moulin également, a

donné 14.88 de sucre, 2.8 de glucose p. 100 de sucre et 90.5 de pureté.

Quant au rendement en poids par arpent, les différences sont aussi parfois très sensibles :

Le n° 11	a donné par exemple :	1er essai . .	33 480 kilogr.
— 11 *bis*	—	2e essai . .	31 720 —
		Différence . . .	1 760 kilogr.
Le n° 10	au contraire a donné	. . . .	35 733 kilogr.
— 10 *bis*	—	. . . .	25 161 —
		Différence . . .	10 572 kilogr.

Ce qui est énorme et démontre que, tant au point de vue de la qualité que de la quantité, les analyses de cannes doivent être multipliées et les poids constatés pour chaque parcelle sur la totalité de chacune, s'il est possible, ou sur la plus grande surface, ou bien sur une surface restreinte, mais en répétant souvent les pesées pour obtenir des moyennes.

Autrement, dans des essais d'engrais, on conclut que c'est la chaux qui a fait le plus d'effet, alors que, réellement, si les analyses et les pesées avaient été exactes, on aurait trouvé que la potasse était préférable, etc.

Ceci, en outre, bien entendu, de la multiplicité des essais dans divers endroits du sol à étudier, essais poursuivis plusieurs années pour obtenir des résultats bien moyens.

II. — Échantillonnage des cannes dans les champs de grande surface.

On peut avoir intérêt à connaître la qualité moyenne de la canne et son rendement approximatif à l'hectare se trouvant dans des champs divers destinés à l'alimentation d'une fabrique, afin de pouvoir, par exemple, à un moment voisin de celui où les travaux vont commencer, se former une opinion sur l'état de la récolte en général et de l'état des champs en particulier.

Toutes les surfaces plantées en cannes ne parviennent pas au

même degré de maturité; en un mot, il est nécessaire, pour ne pas dire indispensable, d'étudier les champs avant de procéder à la récolte.

De même, durant la végétation, il est intéressant de suivre la marche du développement de la canne et de la formation du sucre, non plus sur des parcelles de quelques centaines de mètres carrés, mais sur les champs tels qu'ils sont cultivés pour la fabrique.

Comment alors doit-on prendre des échantillons pour obtenir des résultats comparables?

Nous avons déjà vu que les méthodes préconisées ne fournissaient pas des résultats certains.

On parvient bien, par exemple, à préparer deux échantillons, sur le même champ, donnant deux analyses presque identiques, mais cela ne donne pas, selon nous, le résultat moyen exact pour tout le champ. (Méthode du laboratoire d'essais à Kagok-Tegal [Java].)

Avec d'autres méthodes, on a des indications comparatives, mais qui ne correspondent pas à ce qu'on trouve dans la pratique lorsque les mêmes cannes sont passées au moulin.

Aussi, malgré le nombre de cannes prélevé par échantillon, on arrive, avec les méthodes préconisées, à obtenir des résultats tout à fait anormaux lorsqu'on fait prendre des échantillons à différentes époques de la végétation, même en multipliant le nombre d'échantillons jusqu'à 3 ou 4 par pièce.

Voici, par exemple, des résultats :

Tableau IV.

	NOMBRE de cannes.	POIDS moyen.	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE POUR 100		PURETÉ.
					cc. de jus.	gr. de sucre.	
	—	—	—	—	—	—	—
		kilogr.					
14 déc. 1895 .	23	1,22	1 060.7	12.77	1.50	11.74	78.8
1er janv. 1896.	80[1]	1,10	1 067.6	15.70	0.86	5.40	88.0
8 janv. 1896.	164[2]	1,03	1 063.3	13.80	1.07	7.70	81.6

Ce qui aurait pu faire supposer que la canne avait diminué de

1. En 4 échantillons.
2. En 8 échantillons.

poids et en même temps de richesse, ce qui est absolument impossible. Aussi avons-nous cherché à ce moment quel était le nombre d'échantillons de cannes qu'il fallait prendre pour obtenir un résultat moyen assez exact pour une surface déterminée.

Pour la pièce dont il s'agit, nous nous sommes arrêté à 8 échantillons prélevés à des distances à peu près égales sur toute la surface et correspondant à 18 ou 23 cannes par échantillon. On prend pour cela 3, 4 ou 5 pieds entiers (ou touffes) pour produire l'échantillon, et, à chaque série d'essai, on prend aux mêmes endroits 3, 4 ou 5 pieds entiers placés les uns à côté des autres.

En effet, lorsque nous avons pris 4 échantillons de cannes, nous avons constaté des différences qui ont été encore bien plus grandes lorsque nous avons opéré sur 8.

Voici des chiffres :

Tableau V.

	NOMBRE de cannes.	POIDS moyen.	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.
		kilogr.				
	22	1,10	1 065	14.5	6.9	83.9
	20	1,60	1 063.8	13.7	9.3	81.0
	23	0,85	1 061	12.6	7.0	77.6
	23	0,89	1 067	15.2	6.2	86.7
	19	0,97	1 062	13.6	8.2	80.2
	21	1,12	1 064	13.7	9.3	80.0
	23	0,83	1 055.5	11.1	13.5	75.6
	23	0,89	1 069	16.1	3.7	88.2
Totaux ou moyennes.	165	1,03	1 063.3	13.8	7.7	81.6

Variations.

	DENSITÉ.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.
Maxima.	1 069	16.1	13.5	88.2
Minima.	1 055.5	11.1	3.7	75.6

En prenant même deux échantillons ayant sensiblement le même poids moyen, on aurait pu avoir des écarts sensibles.

Tableau VI.

POIDS moyen.	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.
—	—	—	—	—
0,83	1 055.5	11.1	13.5	75.6
0,85	1 061	12.6	7.0	77.6
0,89	1 067	15.2	6.7	86.7
0,89	1 069	16.1	3.7	88.2

En examinant la même pièce 15 jours après, on a eu :

Tableau VII.

	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.
	—	—	—	—
1	1 064.5	14.1	6.3	81.6
2	1 068.6	15.9	4.3	88.1
3	1 065.8	14.4	7.5	82.7
4	1 061.5	13.0	8.5	80.6
5	1 066.5	14.9	6.6	85.3
6	1 066.2	14.8	6.9	83.2
7	1 064.0	13.8	8.5	80.1
8	1 069.2	16.1	3.7	88.9
Moyennes .	1 065.8	14.6	6.5	84.0

On a continué ainsi à prendre les 8 échantillons sur la même pièce et on a pu suivre parfaitement le développement du sucre et la réduction du glucose, car on a eu en résumé :

Tableau VIII.

	DENSITÉ.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.	POIDS moyen.
	—	—	—	—	—
8 janvier . .	1 063	11.4	7.7	81.6	1,03
22 janvier . .	1 065.8	12.0	6.5	84.0	»
15 février . .	1 066	12.2	4.6	84.7	»
8 mars . . .	1 068.5	12.8	3.20	88.6	1,27

On a répété ces essais sur d'autres champs et on est arrivé aux mêmes résultats.

Après cela, nous avons calculé le nombre d'échantillons à prendre

pour une surface déterminée et nous avons adopté les nombres ci-après :

Tableau IX.

2 à 3	échantillons	de 18 à 25 cannes	par pièces	de moins d'un hectare.
3 à 5	—	—	—	de 1 à 2,5 hectares.
4 à 6	—	—	—	de 3 à 5 —
5 à 7	—	—	—	de 5 à 10 —
6 à 8	—	—	—	de 10 à 20 —
7 à 9	—	—	—	de 20 à 25 —
8 à 10	—	—	—	de 25 à 40 —
10 à 12	—	—	—	de 40 à 45 —
12 à 15	—	—	—	de 45 à 50 —

En ayant soin, bien entendu, de diviser les champs en parties à peu près égales afin de prélever des échantillons à des distances suffisantes pour avoir la moyenne proportionnelle.

En nous basant sur ces résultats, nous avons voulu vérifier notre méthode et voir les résultats obtenus en décembre 1896.

Une grande surface de terrain divisée par une ligne de chemin de fer agricole avait une contenance, d'un côté, de 78 hectares et, de l'autre, de 67 hectares. Ces deux pièces étaient en outre divisées par un canal, donnant alors les surfaces ci-après :

			ÉCHANTILLONS prélevés.
			—
Pièce A.	Partie I . . .	49 hectares.	15
	Partie II . . .	29 —	12
Pièce B.	Partie I . . .	38 —	12
	Partie II . . .	29 —	12

On a eu comme moyenne les résultats ci-après :

Tableau X.

		DENSITÉ.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
		—	—	—	—
Pièce A.	Partie I. . . .	1 073	13.5	3.4	88.0
	Partie II . . .	1 071	13.2	3.3	88.2
Pièce B.	Partie I. . . .	1 071	13.2	4.0	88.2
	Partie II . . .	1 070	13.0	3.7	88.7
Moyenne générale . .		7.1	13.2	3.4	88.3

Pour la pratique, on ne peut pas demander de résultats plus précis. Mais lorsqu'on examine les chiffres qui ont donné ces moyennes, on trouve des différences considérables démontrant bien l'utilité absolue de prendre de nombreux échantillons.

Ainsi, en prenant les 4 séries correspondant à 51 échantillons, on a constaté :

Tableau XI.

	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.
Maximum	1 083.5	16.1	0.7	94
Minimum	1 065.5	11.4	7.1	81.4

A titre d'exemple, voici une série de 12 analyses des cannes d'un même champ (chaque échantillon de 18 à 25 cannes) :

Tableau XII.

	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
1 . . .	6.80	14.6	11.8	7.1	83.1
2 . . .	7.45	17.3	13.9	2.8	89.2
3 . . .	6.57	14.1	11.4	7.0	83.0
4 . . .	8.35	20.0	16.1	0.7	92.2
5 . . .	7.97	18.9	15.1	1.1	91.3
6 . . .	7.30	16.2	13.0	3.0	85.3
7 . . .	7.30	17.0	13.6	2.8	89.5
8 . . .	6.95	15.4	12.4	5.7	85.5
9 . . .	7.35	17.8	14.3	1.5	93.2
10 . . .	7.45	17.5	14.0	3.5	90.2
11 . . .	7.35	16.2	13.0	3.5	84.4
12 . . .	7.75	18.8	15.0	1.7	93.5

Malgré la proportion élevée d'échantillons prélevés sur un même champ, on n'a pas l'analyse absolument correspondante à celle que l'on peut trouver au moulin.

Admettons un instant que toutes les cannes de la pièce ci-dessus, donnant, par exemple, une moyenne de :

Sucre p. 100 gr. de cannes.	13.5
Glucose p. 100 gr. de sucre	3.4
Pureté	88.0

puissent être envoyées à la fois au moulin, le jus ne donnera pas cette moyenne. *En pratique,* le jus sera *moins riche* et *moins pur*.

Voici pourquoi : les cannes composant les échantillons sont étêtées comme il convient, les bouts blancs enlevés et toutes les tiges bien nettoyées; les cannes arrivant au moulin sont plus ou moins encore chargées de leur bout blanc.

Puis il y a des parties où la canne n'est pas bien venue dans certaines bordures, de telle sorte que, au lieu de l'analyse ci-dessus, on trou era à la fabrique :

Sucre p. 100 gr. de cannes.	13
Glucose p. 100 gr. de sucre	4 à 4.5
Pureté	86 à 87

Il faut ajouter que souvent le moulin du laboratoire ne donne pas autant de jus que le moulin de l'usine. Et si on ne fait pas une double pression serrée avec le moulin du laboratoire, on augmente les écarts, d'après ce que nous avons signalé qu'en général le jus de première pression était plus riche que le jus des pressions suivantes.

Dans les deux cas, nous admettons qu'il n'y ait pas plus de perte en poids depuis la coupe jusqu'au moment de l'écrasage, ni plus de temps de coupe, ce qui influe encore sur les résultats.

On voit, par ce qui précède, que pour obtenir des indications sérieuses sur la qualité de la canne d'un champ, il faut faire un grand nombre d'analyses.

Ce n'est pas là un bien grand inconvénient, car aujourd'hui les procédés de dosage du sucre dans un jus sucré sont excessivement rapides, grâce aux perfectionnements qui ont été apportés depuis quelques années à l'outillage des laboratoires de sucrerie.

Avec un tube continu, on termine facilement 20 à 30 polarisations en 3 ou 4 minutes, et cela sans difficulté, tout en ayant des résultats très exacts.

Par conséquent, 100 ou 150 polarisations ne réclament pas beaucoup de temps. Si, d'autre part, on dispose d'un matériel suffisant, on peut mener de front 12 à 24 essais par série.

Quant au dosage du glucose, si on tient à le faire, on parvient,

au moyen de la liqueur de Fehling et par décoloration, à exécuter également très rapidement 10 à 15 dosages avec le matériel convenablement disposé. Du reste, nous indiquerons dans une note spéciale ce qu'il faut.

La prise de la densité des jus n'exige pas beaucoup de temps et il reste les calculs de la pureté. Pour cela on peut avoir des tables.

Ce qui est très long, c'est la préparation de l'échantillon moyen du jus.

Or, nous avons dit que sur 20 à 25 cannes, on pouvait déjà les couper en deux parties suivant la longueur, puis en quatre parties suivant la hauteur et ne prendre que les 1er et 3e tronçons pour l'échantillon définitif sur la 1re canne et les 2e et 4e pour la 2e canne et ainsi de suite. Si donc on a des cannes pesant 1kg,5 en moyenne, soit 35 à 40 kilogr. au total pour le paquet, il n'y en a plus que 8 à 10 kilogr. à passer au moulin.

Avec des moulins forts (laminoirs spéciaux), on peut faire passer ces 8 à 10 kilogr. en 3 ou 4 minutes; prenons 6 à 8 minutes par essai. Mais si on a deux moulins, la canne pressée une première fois est passée dans le second moulin et les jus mélangés. Cela fait donc 12 à 15 essais par heure.

Nécessairement, il faut la main-d'œuvre correspondant au travail de découpage des cannes, etc., mais ce n'est pas considérable.

Il faut aussi que les cahiers de laboratoire soient disposés convenablement pour pouvoir inscrire rapidement les indications concernant chaque échantillon et éviter toutes les écritures possibles.

Si on ne veut pas s'installer convenablement, il est presque inutile, nous dirions même dangereux, de faire des essais isolés, peu nombreux et sur quelques cannes pour étudier un champ.

On peut obtenir des résultats faisant croire à une richesse élevée, ce qui n'est pas, ou bien le contraire; en un mot, être absolument mal renseigné.

Mieux vaut dans ce cas ne rien faire du tout et travailler les cannes comme elles viennent et alors chercher, si possible, à bien connaître au moins la qualité moyenne des cannes écrasées ou passées aux coupe-cannes.

Ou bien alors, si on veut connaître la véritable valeur d'un champ

sans faire d'analyses spéciales avant la récolte, disposer les choses pour pouvoir prélever régulièrement et proportionnellement les échantillons du jus correspondant à toute la canne d'un champ ou d'une parcelle, soit pendant plusieurs jours, soit pendant quelques heures, suivant le poids à passer.

En conservant le jus au moyen d'un décigramme de bichlorure de mercure, on peut alors ne faire qu'une analyse par poste ou quelques-unes seulement si l'on doit essayer plusieurs parcelles dans une même journée.

III. — **Échantillonnage des cannes dans les wagons.**

Suivant les pays, les wagons contiennent des quantités de cannes très différentes, depuis 1 000 ou 1 500 kilogr. jusqu'à 6 000, 7 000 et 8 000 kilogr. net.

Par conséquent, la quantité de cannes à prélever pour l'échantillonnage doit être également variable.

Nous estimons que pour nos petits wagons de 1 000 à 1 500 kilogr., il n'est pas nécessaire de prendre plus de 20 à 25 cannes, mais en ayant soin d'en enlever deux ou trois à différents endroits, et toujours sans choisir, bien entendu.

Si possible, écarter les cannes du dessus pour en prendre à l'intérieur. Autrement on ne peut être certain d'avoir la moyenne.

Lorsque le wagon est chargé à 2 000 et 3 000 kilogr., on doit prélever 2 échantillons de 20 à 25 cannes dans différents endroits toujours, et, enfin, pour les autres wagons tenant de 4 000 à 6 000 kilogr. de cannes, on doit prendre au moins 4 échantillons si l'on veut avoir une moyenne acceptable. Naturellement, on ne fait qu'une analyse des 80 ou 100 cannes extraites. Mais ici se présente une difficulté. Si le wagon est en déchargement, il est facile de prendre 3 ou 4 cannes au fur et à mesure du déchargement pour avoir la moyenne suivant la hauteur et les côtés, mais si le wagon reste chargé, il est à peu près impossible d'avoir la moyenne, les cannes de la partie supérieure n'étant pas de même qualité que celles des côtés, rangées et choisies. De plus, après avoir arrangé les cannes sur les côtés du wagon pour pouvoir mettre une quantité de cannes



assez forte et éviter qu'elles ne s'échappent par les vides durant le transport, on remet au centre du wagon les débris, les cannes petites et les déchets souvent qui restent sur le terrain à l'endroit où il y a eu des dépôts de cannes.

Cela ne se voit qu'au déchargement. Aussi, l'échantillonnage, dans ce cas, n'est pas possible : on peut avoir ou trop de richesse en prenant seulement les cannes rangées et les cannes de la partie supérieure, ou une teneur trop faible si on n'enlève que les cannes de la partie supérieure, si celles-ci correspondent aux débris et déchets divers. Voici, par exemple, l'analyse de 5 échantillons différents pris sur un même wagon (échantillon de 20 cannes).

Tableau XIII.

	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
1er côté bas . . .	1 066.5	12.1	4.9	84.5
2e côté bas. . . .	1 069.5	13.0	2.9	87.3
1er côté haut . . .	1 065.5	10.9	7.5	76.9
2e côté haut . . .	1 064.8	11.3	5.4	80.8
Partie centrale . .	1 063.5	11.8	6.1	86.4

Si, dans un wagon, il y a des écarts notables de richesse, même pour 20 cannes prélevées, on a aussi des richesses très différentes comme moyenne des échantillons prélevés sur les wagons provenant d'une même pièce (wagons se suivant).

Tableau XIV.

		DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
I. Fournisseur A.	Wagon n° 28.	1 059.5	10.0	10.3	77.1
	— 18.	1 060	10.1	8.5	77.0
	— 76.	1 062.7	11.2	5.2	77.3
II. Fournisseur B.	— 25.	1 064.5	12.6	5.8	83.6
	— 61.	1 071	13.1	3.3	85.6
	— 181.	1 068.5	12.7	3.5	86.7

On voit combien il faut multiplier les analyses pour obtenir un résultat moyen représentant la vérité.

Variation de la richesse de la canne sur un wagon (H. Pellet).

Lorsqu'on prélève un échantillon de cannes composé de 20 à 25 cannes tout venant, sur un wagon portant 4000 à 5000 kilogr. de cannes, on n'est nullement certain d'avoir une moyenne. L'expérience démontre au contraire que si on prélève 10 échantillons de suite pendant le déchargement, on a 10 résultats différents, comme le montre le tableau ci-après :

Tableau XIV *bis*. — 20 à 25 cannes tout venant.

LOTS.	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
—	—	—	—	—
1.	1 071	13.5	5.0	87.6
2.	1 067.5	12.3	7.5	89.8
3.	1 066	12.1	7.0	84.6
4.	1 064.5	11.3	6.9	80.7
5.	1 070	13.4	5.3	87.8
6.	1 072.5	14.0	3.9	89.8
7.	1 070	13.1	4.9	86.1
8.	1 066	13.0	8.5	83.4
9.	1 071	13.5	5 0	87.4
10.	1 070	13.6	5.0	88.0

Variations.

	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
	—	—	—	—
Maximum.	1 072.5	14.0	8.5	89.8
Minimum.	1 064.5	11.3	3.9	80.7
Moyenne.	1 068.8	12.9	6.2	86.5

IV. — Échantillonnage des cannes dans les barques.

Nous n'avons plus à dire grand'chose au sujet de l'échantillonnage des barques.

Elles sont aussi de différentes capacités et les unes peuvent amener 40 000 kilogr., d'autres 100 000 kilogr. et plus.

On doit donc connaître à peu près le cube de la barque dont la canne est à essayer si on veut procéder à une détermination de la qualité.

Puis on prend autant d'échantillons de 20 à 25 cannes tout venant qu'il y a de 10 000 kilogr. environ. Mais il faut prendre les mêmes précautions que pour les wagons, c'est-à-dire enlever des cannes de tous côtés et sur toute la hauteur de la barque, sans cela on n'a rien de sérieux.

Si on ne tient pas à un essai unique représentant 4 ou 10 échantillons analysés en une seule fois, on détermine la qualité des cannes déchargées au fur et à mesure en faisant porter au laboratoire une charge de cannes désignée à n'importe quel moment de l'opération.

Toutes ces analyses ne sont utiles qu'autant que le fabricant désire être renseigné sur la valeur des livraisons de tel ou tel fournisseur, car, jusqu'ici, on n'a pas à se préoccuper de la qualité des cannes reçues au point de vue de l'achat, qui est encore conclu au poids. Espérons que l'achat à la richesse, ou plutôt à la valeur réelle de la canne, ne tardera pas à être sinon appliqué d'une façon générale, mais essayé dans plusieurs fabriques et dans divers pays, afin de connaître les meilleurs procédés à employer pour parvenir rapidement et exactement industriellement à l'achat de toutes les cannes suivant leur valeur.

V. — Échantillonnage des cannes en tas, etc.

D'après ce qui précède, il est facile de déduire ce qu'on doit faire pour connaître la valeur d'un tas de cannes, ou de cannes apportées par petites charges, soit à dos de chameaux, soit par charretées ou tout autre mode de transport. Il suffit de prendre 20 à 25 cannes sans aucun choix sur un nombre plus ou moins considérable de charges afin d'avoir plusieurs analyses et de calculer la moyenne des essais.

Si la charge est trop faible, on peut se contenter de 4 à 5 cannes à la fois. On voit que le résultat revient toujours à la même conclusion :

Prendre plus ou moins de cannes, sans choix et souvent, pour obtenir un échantillon moyen analysé en une seule fois ou plusieurs échantillons dont on fait la moyenne générale.

DEUXIÈME PARTIE

VARIATIONS DE COMPOSITION DE LA CANNE

I. — Composition de la canne à différentes époques de la végétation.

Il est bien reconnu aujourd'hui que la canne contient d'autant plus de sucre qu'elle est plus près d'atteindre sa maturité.

Cette maturité a lieu suivant les pays après 9 ou 10 mois, dans d'autres pays la canne ne parvient à complète maturité qu'après 15, 16 et 20 mois.

Au début de la végétation, lorsque la canne a atteint quelques décimètres de longueur, sa richesse en sucre cristallisable est très faible et la quantité de réducteur ou de sucre incristallisable est au contraire relativement considérable par rapport à celle du sucre cristallisable.

Il est difficile de citer des chiffres pouvant représenter des moyennes s'adaptant à divers pays.

C'est ainsi qu'on trouvera, dans certains cas, qu'après 3 mois de végétation la canne donnera un jus à 1 040 de densité avec une pureté de 56 à 60 et une richesse en sucre de 3 à 4 p. 100 et de 2 à 3 en glucose.

Après 5 à 6 mois, on trouvera 1 050 à 1 055 de densité, 68 à 75 de pureté et une quantité de sucre de 6 à 8, et 1,5 à 2 de réducteurs. Après 9 à 10 mois, on aura alors 1 065 à 1 075.

Pureté du jus	80 à 90
Glucose p. 100 gr. de sucre	1 à 6

si la canne est mûre ou près de sa maturité.

Mais on constatera alors, si on se livre à des essais nombreux durant la végétation, que la richesse à certains moments paraît être plus faible.

La canne a-t-elle pour cela perdu du sucre? Nous ne le croyons pas.

Nous pensons qu'il se passe pour la canne ce que nous avons observé pour la betterave et que d'autres expérimentateurs ont également vérifié. C'est que d'abord il est très difficile d'assurer que chaque échantillon est bien correspondant à l'échantillon précédent. Puis, si l'on fait attention au poids des betteraves on trouve qu'il y a eu au total du *sucre formé entre deux périodes de 15 jours,* mais comme le poids de matière sèche s'est accru plus rapidement que le poids du sucre, la richesse saccharine centésimale du jus est diminuée.

Mais de la racine il n'est pas disparu de sucre. Néanmoins, il serait intéressant de poursuivre des études analogues sur la canne et voir, pour tel pays, la quantité de sucre pouvant se former par jour de telle époque à telle autre.

Il faut dire que généralement la richesse de la canne paraît diminuer après un arrosage forcé, ou une pluie abondante.

Cette diminution n'a pas lieu de suite, elle ne se fait sentir que quelques jours après.

C'est pour ce genre d'expériences que l'on doit prendre de grandes précautions pour le prélèvement des échantillons, autrement on peut avoir des résultats tout à fait anormaux.

Nous renvoyons aux ouvrages spéciaux concernant la culture de cannes pour avoir des tableaux particuliers sur la marche du sucre et du glucose durant la végétation, notamment ceux de M. Bonâme, E. Delteil, J. Rouff, etc., etc.

II. — Variations de composition de la canne récoltée.

1° *Expériences du Dr Icery.*

Le docteur Icery a publié une étude remarquable sur la composition de la canne, intitulée : *Recherches sur le jus de la canne à sucre,* parue en 1865. On y trouve des renseignements très intéressants.

L'auteur a étudié surtout la canne à l'île Maurice et a poursuivi ses expériences pendant plusieurs années.

Il a donc de son côté examiné la composition de la canne suivant la hauteur et a publié un tableau démontrant la variation de composition des jus de cannes et leur teneur en sucre cristallisable. Sur plusieurs échantillons il a déterminé le poids des cendres, les matières albuminoïdes et enfin le sucre incristallisable.

Les analyses que nous donnerons plus loin, extraites d'autres publications, ne feront que confirmer l'ensemble des résultats obtenus par le docteur Icery, qui en outre a étudié aussi la composition de la canne suivant qu'on analysait la partie centrale ou la partie corticale de la tige. Nous rappellerons plus loin ses essais.

2° *Résultats de M. P. Bonâme sur une même touffe.*

Pendant la fabrication on reçoit des cannes de qualité très différente. Un grand nombre de nos collègues ont fait à ce sujet des analyses très intéressantes. Il serait trop long de les rappeler toutes. Prenons-en quelques-unes publiées dans ces derniers temps par M. P. Bonâme, dans son rapport annuel de la Station agronomique de l'île Maurice pour 1895.

Tableau n° XV. — Cannes d'une même touffe.

	N° 1.				N° 2.			
	POIDS	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.	POIDS.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
	—	—	—	—	—	—	—	—
	gr.				gr.			
1.	2 135	13.96	4.2	86.2	1 125	15.85	1.4	91.0
2.	1 950	15.56	1.3	90.4	1 043	15.88	1.6	91
3.	1 285	15.14	1.4	89.2	877	15.85	1.6	91
4.	1 280	13.29	2.4	85.6	829	15.26	6.4	89.0
5.	1 090	15.25	0.8	92.2	603	14.70	11.0	83.9
6.	835	16.35	0.7	90.4	»	»	»	»
7.	925	16.64	0.6	92.0	»	»	»	»
8.	810	16.15	0.7	89.7	»	»	»	»
9.	355	17.66	0.7	92.0	»	»	»	»

Ensuite M. P. Bonâme cite d'autres tableaux dans lesquels on trouve les écarts ci-après, en prenant les maximums ou les minimums dans l'un ou l'autre desdits tableaux.



Tableau n° XVI.

VARIATIONS.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.	POIDS d'une canne.
—	—	—	—	—
Maximum .	17.66	0.70	94.9	3kg,250
Minimum .	8.17	16.1	73.1	0 ,355

3° Résultats de H. Pellet sur diverses cannes.

De notre côté nous avons eu, pour un lot composé de cannes très variables comme aspect et couleur, c'est-à-dire droites, courbes, blanches, rouges, rubanées, minces, épaisses, les résultats ci-après :

Tableau n° XVII.

	POIDS.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.
	—	—	—	—
	gr.			
1.	1 540	14.5	1.2	91.4
2.	1 260	12.5	4.4	85.7
3.	1 185	10.7	9.8	79
4.	1 175	11.8	6.6	83.6
5.	1 095	12.0	5.4	86.5
6.	1 070	10.8	16.3	77
7.	1 055	14.3	1.8	93
8.	915	7.6	34.0	60
9.	335	9.6	6.1	76.7
10.	320	11.3	3.3	80
11.	200	13.6	2.1	85
12.	195	9.4	10.7	77.7
13.	160	11.7	6.0	84.3
14.	105	12.7	2.3	86.2

Nous avons également trouvé des cannes ayant des poids moyens de 1 100 à 1 200 gr. et contenant jusqu'à 17 et 19 de sucre p. 100 gr. de cannes avec des traces de sucre réducteur, mais malheureusement ce sont là des exceptions et non des cannes tout venant et récoltées durant toute une fabrication.

Malheureusement aussi, ce sont de tels échantillons que Peligot a analysés lorsqu'il a publié ses recherches sur la composition chimique de la canne à sucre de la Martinique en 1840. Peligot a eu en effet

des cannes ayant été choisies et qui ont présenté une composition tout à fait spéciale.

Ce savant chimiste a trouvé que la canne devait contenir 17 à 18 p. 100 de sucre cristallisable, et qu'il n'existait dans le jus que des traces de *sucre incristallisable.*

C'est de cette analyse et d'autres faites par Hervy qu'on est parti

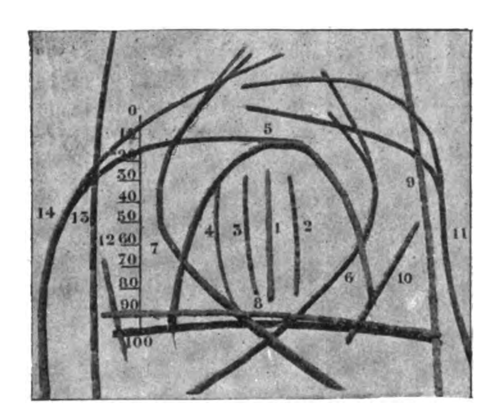


Fig. 1. — Photographie de cannes diverses.

pour affirmer que le jus de la canne est une solution presque pure de sucre et que si on trouvait du sucre incristallisable dans les mélasses, c'est qu'il s'était formé pendant les manipulations, le sucre incristallisable ne préexistant pas dans la canne à sucre [1].

Tous les fabricants de sucre de cannes savent aujourd'hui et depuis longtemps que le sucre incristallisable préexiste dans la canne en quantité plus ou moins grande, et que, suivant la maturité des cannes, leur âge, les conditions de culture, de végétation, l'année, etc., etc., la proportion de sucre incristallisable peut varier de 2 à 10 p. 100 du poids du sucre cristallisable. En général, si on prend des moyennes, elle varie de 3 à 6.

4° *Résultats de M. P. Bonâme suivant la hauteur.*

Si maintenant on examine la composition de la canne suivant sa hauteur, on arrive encore à des variations considérables.

1. Rapport de E. Peligot, 1843, p. 36.

Prenons quelques exemples dans le rapport de M. P. Bonâme.

Tableau n° XVIII. — Cannes divisées en 8 parties.

	N° 1.			N° 2.			N° 3.		
	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.	16.68	0.17	93.4	11.61	1.3	88.6	13.31	1.0	89.5
2.	16.58	0.18	93.2	11.09	1	87.5	14.61	0.8	88.7
3.	16.64	0.30	93.2	10.05	6.4	83.4	14.72	1.4	88
4.	17.05	0.30	94	8.77	13.3	79.4	14.12	2.2	87
5.	17.50	0.40	94.8	7.81	20.6	70.2	13.41	3.2	86.8
6.	17.50	0.40	94.8	5.01	52.4	54.1	12.92	3.8	84.5
7.	17.16	0.40	94	2.55	145	33.3	12.69	3.4	85.9
8.	14.42	0.40	93.8	0.80	533	11	12.36	3.6	85.5

Le plus souvent on trouve une des marches ci-après :

Tableau XIX.

	1.			2.			3.		
	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.	13.18	2.4	87.7	13.93	2.0	88.8	14.43	4.3	88.5
2.	12.56	3.7	85.4	14.02	5	88.3	14.39	3.7	88.3
3.	12.33	4.2	84.6	13.29	7.2	87.0	14.40	4.2	86.6
4.	12.42	4	82.6	12.60	9.6	83.5	14.74	3.7	88.2
5.	12.29	4.2	81.8	12.53	8.7	84.1	14.59	3.6	87.7
6.	11.82	3.7	81.8	12.28	8.6	82.4	14.33	3.3	89.3
7.	11.20	4.8	79.4	12.54	8.1	83.4	12.17	8.9	79.6
8.	10.97	6.2	80.0	9.74	10.0	77.8	7.71	40.9	59.6

5° Résultats de H. Pellet sur diverses hauteurs.

De notre côté nous avons obtenu les résultats ci-après :

Mélange de 10 cannes . . . { 7 rouges, 2 blanches, 1 rubanée } obtenues par irrigation.

et présentant chacune 16 tronçons de différente hauteur ou diamètre.

On a coupé chaque canne tronçon par tronçon et on a analysé chaque lot ainsi formé. On en a profité pour mesurer la longueur moyenne d'un tronçon, son poids et calculer le poids du mètre.

On a répété des essais sur d'autres séries de cannes et on a eu des chiffres se rapprochant beaucoup de ceux résumés dans le tableau ci-après.

Tableau XX.

TÊTE.	LONGUEUR d'un tronçon.	POIDS d'un tronçon.	POIDS du mètre.	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	PURETÉ du jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	QUOTIENT salin.
—	—	—	—	—	—	—	—	—
	millim.	gr.	gr.					
	»	»	»	1 040.5	2.78	26.4	74	1.0
1	55	15	272	1 040	4.56	43.1	10.5	2.25
2	82	35	427	1 049	6.95	54.7	11.6	»
3	98	46	469	1 053	9.06	65.9	7.2	»
4	110	59	537	1 057	10.81	72.9	5.7	10.70
5	122	68	557	1 062	12.50	77.6	4.7	»
6	122	68	557	1 066	13.70	80.1	4.1	»
7	133	76	571	1 067	14.70	84.4	3.1	20.70
8	130	76	584	1 069	15.45	86.3	2.9	»
9	130	80	615	1 070	15.93	87.3	2.4	»
10	125	78	624	1 071	16.19	88.0	2.3	29.40
11	120	78	650	1 072	16.58	88.7	2.0	»
12	115	76	660	1 071	16.77	91.3	1.7	»
13	107	72	678	1 071.5	17.09	92.4	1.3	»
14	100	70	705	1 070.5	17.0	92.7	1.2	»
15	73	52	712	1 069	16.64	92.7	1.2	37.8
16	54	30	555	1 072.9	16.84	90.1	1.1	34.7

On voit donc que si on découpe de la canne en rondelles, on peut en trouver ayant de 18 à 20 p. 100 de sucre, avec des traces de glucose, et d'autres ayant 2 à 3 p. 100 de sucre avec une proportion de glucose presque égale et pouvant la dépasser dans quelques cas exceptionnels.

C'est ce qui explique pourquoi il est si difficile de préparer un échantillon moyen de cannes, même après un découpage en rondelles plus ou moins épaisses, et divisées ensuite en petits morceaux, surtout lorsqu'on doit opérer l'analyse sur 1, 2 ou 3 fois le poids normal de matière.

Il suffit de la présence d'un morceau très riche ou pauvre pour

influencer le résultat. Aussi, est-il rare dans les conditions ordinaires d'obtenir 2, 3 et 4 résultats identiques par le mélange rapide des cossettes même divisées (poids saccharimétrique).

On obtient des écarts de 0,1 à 0,5. Voici, par exemple, un essai (même pulpe, pris 32gr,40 dans 200 centimètres cubes) :

	SUCRE p. 100 gr. de cannes.
I.	17.5
II	17.9
III	17.7
IV	17.6

Lorsqu'on prend beaucoup de soins, on parvient cependant à obtenir des résultats plus rapprochés :

I.	13.17
II	13.13
III	13.39
IV	13.06
Moyenne générale	13.19

H. Winter, dans le laboratoire d'essais de Ouest-Java à Kagok-Tegal, a également constaté qu'en prenant toutes les précautions nécessaires pour la préparation de l'échantillon, on obtenait des résultats très concordants pour deux analyses exécutées par le même procédé :

I.	Essai n° 1.	16.02
	— 2.	16.02
II.	— 1.	16.93
	— 2.	16.93

mais on doit toujours craindre l'évaporation par le temps passé pour une division permettant des résultats aussi exacts que ceux cités plus haut.

Mais ce n'est pas tout.

III. — Composition de la canne coupée en deux parties suivant l'axe longitudinal.

1° *Résultats de H. Winter.*

H. Winter a fait dès 1886 des essais à ce sujet précisément pour diminuer de moitié la quantité de matière à réduire en cossettes pour l'analyse directe de la canne.

Il a trouvé les résultats ci-après : (30 cannes divisées en deux parties, analysées directement sur 35 gr. de matière représentant autant que possible un échantillon moyen) :

	SUCRE p. 100 gr.
	—
Analyse sur une moitié.	17.33
— l'autre moitié.	17.35

La différence est nulle et pas plus grande que si on avait opéré deux analyses sur un seul échantillon.

Nous avons examiné la même question, mais au point de vue tout à fait industriel, c'est-à-dire en séparant les cannes en deux parties aussi égales que possible, afin de voir si, même en ne prenant pas toutes les précautions voulues pour un partage absolument exact en deux, les écarts d'analyse pouvaient être notables.

2° *Expériences de H. Pellet.*

Voici nos analyses :

Tableau XXI. — *Janvier 1897.*

I. — 10 cannes séparées en deux suivant la longueur :

	POIDS	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	SUCRE p. 100 gr. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.
	—	—	—	—	—
	gr.				
Analyse de la 1re moitié.	2 500	1 075	17.32	16.19	0.29
— 2e moitié.	3 300	1 074.5	17.49	16.28	0.28
Moyennes . . .	»	1 074.75	17.40	16.24	0.285

Tableau XXII.

II. — Autre série, 27 cannes :

	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 c c. de jus.	SUCRE p. 100 gr. de jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes. (coeff. 86)	GLUCOSE p. 100 c c.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.	POIDS moyen de la canne.
	—	—	—	—	—	—	—	—
1re moitié.	7.57	17.42	16.19	13.92	0.42	2.4	88.3	830
2e moitié.	7.62	17.81	16.55	14.25	0.37	2.1	88.5	890
Moyennes.	7.60	17.62	16.37	14.08	0.40	2.25	88.4	860
Écarts sur la moyenne.	∓0.03	∓0.20	∓0.12	∓0.17	∓0.05	∓0.15	∓0.1	∓30

Ces résultats sont parfaitement acceptables pour l'analyse courante des échantillons de cannes. Par conséquent, on peut découper les cannes en deux parties aussi égales que possible suivant leur longueur pour passer au moulin ou aux appareils à produire la cossette moitié moins de poids, et en divisant les cannes en 4 tronçons suivant la hauteur. Si on prélève alternativement les nos 1 et 3 sur une canne et les nos 2 et 4 sur l'autre et ainsi de suite en suivant les cannes à peu près classées par ordre de grandeur, ainsi que nous l'avons dit d'après les essais de M. P. Bonâme, on n'a plus que le quart de la canne totale, ce qui facilite considérablement la besogne finale.

IV. — Composition des nœuds et des entre-nœuds.

1° Résultats de M. le Dr Icery.

Si, au lieu d'examiner tous les tronçons d'une canne comprenant à la fois un nœud et un entre-nœud, on étudie la composition séparée du nœud et de l'entre-nœud, on arrive à constater des variations sensibles.

Icery avait déjà indiqué en 1865 les résultats ci-après :

Tableau XXIII.

	DENSITÉ du jus.	SUCRE.
	—	—
Partie corticale . . .	107.4	17.9
Partie nodulaire. . .	106.9	17.1
Partie médullaire . .	107.4	18.4

2° *Résultats de M. Bonâme.*

M. P. Bonâme, dans son remarquable ouvrage sur la culture de la canne à sucre (2e édition, 1888), a donné également des analyses de nœuds et d'entre-nœuds.

Tableau XXIV.

		SUCRE.	GLUCOSE.
Nœuds	1. . .	13.34	0.29
	2. . .	12.74	0.28
	3. . .	16.63	0.32
Entre-nœuds correspondants.	1. . .	16.51	0.60
	2. . .	16.08	0.84
	3. . .	19.72	0.48

3° *Résultats de M. H. Winter.*

H. Winter, à Java, s'est livré également à des essais de cette nature qu'on trouve dans la brochure du Dr Krüger, déjà citée, livre Ier, page 27.

Tableau XXV.

		SUCRE p. 100 gr. de la matière.	LIGNEUX.	SUCRE p. 100 gr. du jus.
1.	Nœud	15.5	16.46	18.55
	Entre-nœuds . . .	17.5	11.69	19.82
2.	Nœud	15.7	11.62	17.76
	Entre-nœuds . . .	17.5	9.15	19.26
3.	Nœud	13.7	17.77	16.78
	Entre-nœuds . . .	16.9	11.02	18 99
4.	Nœud	17.5	18.31	21.42
	Entre-nœuds . . .	19.1	11.52	21.59
5.	Nœud	13.4	16.51	16.05
	Entre-nœuds . . .	16.4	10.02	18.23
6.	Nœud	14.1	16.92	16.97
	Entre-nœuds . . .	14.4	12.42	16.44
7.	Nœud	15.8	14.50	18.48
	Entre-nœuds . . .	16.4	9.77	18.17

Nous pourrions également rappeler des essais de bien d'autres collègues, publiés récemment, mais qui sont dans le même sens (E. Delteil, etc.).

Il y a donc toujours moins de sucre p. 100 gr. de matière dans la partie nodulaire, mais dans le jus de l'entre-nœud on peut trouver parfois une quantité de sucre presque égale ou légèrement inférieure à celle du sucre contenu dans le jus fourni par la partie nodulaire. Il n'y a pas de règle absolue à cet égard.

V. — Composition de la canne suivant son diamètre.

1° *Résultats de M. Bonâme.*

Si l'on examine alors la canne suivant son épaisseur, on arrive à constater que la partie centrale est plus riche que la partie corticale.

	LIGNEUX.	SUCRE.	CENDRES.
Partie corticale.	20.80	13.05	0.61
Partie médullaire	6.22	15.46	0.25

Nos essais ont démontré également que la pureté du jus de la partie corticale était plus faible et qu'il y avait plus de sucre incristallisable.

Enfin, le jus extrait de la partie extérieure des tiges est plus coloré que celui extrait de la partie centrale.

2° *Résultats de M. H. Winter.*

Cependant, si l'on divise la canne en 3 parties suivant son diamètre en extrayant, par exemple, 15 millimètres au centre à l'aide d'un perce-bouchon, et que sur le restant on enlève l'écorce, on a une rondelle désignée sous le nom de périphérie.

A l'analyse, le D[r] H. Winter a obtenu les résultats ci-après (Java) :

Tableau XXVI. — Entre-nœuds.

		SUCRE. p. 100 gr. de cannes.	LIGNEUX.	SUCRE. p. 100 gr. de jus.
1.	Cœur	17.6	4.46	18.42
	Périphérie	18.5	6.15	19.92
	Écorce	9.6	25.81	12.85
2.	Cœur	15.0	3.57	15.56
	Périphérie	14.6	6.45	15.61
	Écorce	»	29.29	»
3.	Cœur	19.2	4.72	20.15
	Périphérie	10.0	9.29	20.95
	Écorce	5.99	41.75	10.28
4.	Cœur	17.6	4.68	18.46
	Périphérie	17.1	8.60	18.71
	Écorce	5.21	46.11	9.67

VI. — Composition des différentes fibres de la canne.

Expériences de H. Winter.

H. Winter a essayé également d'étudier les diverses fibres de la canne, comme on l'a fait pour la betterave, en analysant les zones différentes ainsi que l'avait fait Payen, également pour la canne.

Payen a nettement indiqué le siège du sucre cristallisable dans toutes les parties de la canne par un examen microscopique détaillé[1] et a montré que la richesse en sucre des cellules était très variable suivant qu'elles faisaient partie de tel ou tel tissu, mais Payen n'a pas indiqué de chiffres.

M. H. Winter, au contraire, a donné des analyses de deux sortes de tissus de la canne qu'il a désignés sous le nom de *fibres vasculaires* et de *cellules parenchymeuses*.

1. Voir *Précis de chimie industrielle,* tome II, 1867, p. 345, et atlas.

A l'analyse il a eu :

Tableau XXVII.

		SUCRE. p. 100 gr. de cannes.	LIGNEUX.	SUCRE p. 100 gr. de jus.
1.	Fibres vasculaires A. . .	15.63	14.22	18.22
	Cellules parenchymeuses B.	18.88	5.00	19.87
2.	Fibres vasculaires A. . .	15.47	11.75	17.53
	Cellules parenchymeuses B.	19.29	4.50	20.20
3.	Fibres vasculaires A. . .	14.04	12.28	16.01
	Cellules parenchymeuses B.	17.40	4.41	18.20
4.	Fibres vasculaires A. . .	9.83	9.00	10.80
	Cellules parenchymeuses B.	11.11	4.20	11.60
5.	Fibres vasculaires A. . .	14.54	9.17	16.01
	Cellules parenchymeuses B.	16.15	4.00	16.82

VII. — Analyse des nœuds et entre-nœuds à diverses hauteurs de la canne[1].

Expériences de M. J. L. Beeson sur cannes de 1re et 3e années.

M. J. L. Beeson a étudié cette question à la station expérimentale de la Louisiane et il a trouvé les résultats ci-après :

Tableau XXVIII. — Analyse du jus.

20 cannes; 1re année; poids moyen : 1 350 gr.

	TOTAL des matières sèches.	SUCRE réducteur.	SACCHAROSE.	PURETÉ.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	NON-SUCRE.
Sommet de la tige :						
Nœuds.	15.5	0.66	12.7	80.9	1.23	2.64
Entre-nœuds	16.8	1.20	15.0	89.3	8.00	1.60
Partie médiane :						
Nœuds.	16.2	0.20	13.5	83.4	14.8	2.90
Entre-nœuds	17.6	1.00	15.6	88.6	6.41	1.00
Partie inférieure :						
Nœuds.	14.2	0.26	11.9	83.8	2.19	2.04
Entre-nœuds	17.2	0.89	15.1	87.7	5.89	1.21

1. *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie,* 1895-1896, p. 362.

Tableau XXIX.

20 cannes ; 3e année :

	TOTAL des matières sèches.	SUCRE réducteur.	SACCHAROSE.	PURETÉ.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	NON-sucre.	LIGNEUX ou fibre.
Sommet de la tige :	—	—	—	—	—	—	—
Nœuds	15.3	0.10	11.3	73.9	1.60	3.82	15.56
Entre-nœuds. .	16.9	1.25	14.3	84.6	8.37	1.35	8.60
Partie médiane :							
Nœuds	16.7	0.07	13.7	82	0.57	2.90	15.9
Entre-nœuds. .	17.7	0.98	16.0	90.4	6.13	0.72	8
Partie inférieure :							
Nœuds	15.7	0.15	12.8	81.5	1.17	2.75	18.28
Entre-nœuds. .	17.7	0.61	16.4	92.6	3.78	0.69	8.0

Tableau XXX.

	GLUCOSE.	SACCHAROSE.
1° Cannes effeuillées ; œils moyens :	—	—
Nœuds sur toute la tige	0.40	12.0
Entre-nœuds sur toute la tige	1.23	15.5
2° Cannes à œils très développés (cannes aussi semblables que possible aux précédentes) :		
Nœuds sur toute la tige	0.50	12.8
Entre-nœuds sur toute la tige	1.11	13.4
3° Rejetons naissants :		
Nœuds situés à la moitié et au tiers de la base.	0.30	12.0
Entre-nœuds situés à la moitié et au tiers de la base.	0.91	16.1

Tableau XXXI. — Cannes normales et avariées.

	MATIÈRES solides.	SUCRES réducteurs.	SACCHAROSE.	NON-SUCRE.
Cannes coupées pour l'usine :	—	—	—	—
Moyenne des nœuds	14.91	0.79	10.55	3.57
— des entre-nœuds.	15.40	1.25	10.85	3.30
Cannes ayant souffert de la gelée :				
Moyenne des nœuds	12.77	0.93	9.10	2.74
— des entre-nœuds.	14.87	1.06	12.20	1.46
Cannes plus détériorées :				
Moyenne des nœuds	13.62	1.44	8.1	3.08
— des entre-nœuds.	15.17	0.91	12.0	2.17

VIII. — **Les bouts blancs.**

Lorsqu'on a brisé la canne à la partie supérieure pour enlever la plus grande partie des feuilles, on continue le nettoyage de toute la tige en enlevant les parties foliacées plus ou moins sèches qui entourent la canne jusqu'à une certaine longueur au-dessous de la tête. On a la canne absolument dénudée, mais qui peut encore subir un nettoyage plus complet.

C'est d'abord le pied qui est quelquefois entouré de racines plus ou moins dures et qu'on doit enlever, ce chevelu contenant souvent de la terre. Puis, principalement, c'est la tête de la canne qui doit être enlevée jusqu'à l'entre-nœud considéré comme faisant partie de la canne elle-même. Nous voulons parler des bouts blancs.

Lorsque la canne est blanche, le bout blanc ne s'aperçoit pas très bien au premier examen de la canne effeuillée ; mais lorsqu'on a l'habitude, on reconnaît parfaitement ce qui doit être considéré comme bout blanc. Ces bouts blancs ont de suite un diamètre plus faible que la tige normale, ils sont moins longs et beaucoup plus tendres.

Les cultivateurs, quels qu'ils soient, ne s'y trompent pas, mais font leur possible pour les laisser.

Quand la canne est colorée rouge, violacée, rubanée, etc., alors le bout blanc est véritablement bien détaché de la canne normale.

Toujours plus petit de diamètre, ayant moins de poids, il présente une coloration presque nulle et quelquefois une coloration très faible et sur un côté seulement.

Tout cela doit être considéré comme bout blanc et les auteurs sont parfaitement d'accord pour affirmer qu'ils doivent être enlevés et rejetés comme ne devant pas être livrés à la sucrerie.

Ceux qui ont donné cette conclusion s'appuient avec raison sur la qualité détestable de ces bouts blancs, qui, en général, sont très pauvres en sucre, riches en glucose et ont une pureté excessivement basse, souvent inférieure à 50°.

En outre, le jus des bouts blancs est très acide et peut être le siège

d'altérations, qui ont ensuite un effet sur le jus normal extrait de la canne travaillée.

Voici quelques analyses desdits bouts blancs.

P. Bonâme a donné les résultats ci-après :

Tableau XXXII.

	SUCRE.	GLUCOSE.	La canne normale ayant environ : SUCRE.	GLUCOSE.
	—	—	—	—
1.	4.01	6.57	13	3
2.	9.07	1.95	15	1.50
3.	14.90	1.15	17	0.50
4.	16.80	0.70	22.7	0.50

A la Réunion, M. Delteil a obtenu[1] :

Tableau XXXIII.

		SUCRE.	GLUCOSE.	EAU.	LIGNEUX	MATIÈRES organiques.	SELS.	DENSITÉ du jus. (Baumé.)
		—	—	—	—	—	—	—
Bout blanc. .	0m,10	3.80	1.33	84.05	9.96	0.38	0.48	3,7
Haut. . . .	0 ,55	13.37	0.81	76.89	9.51	0.35	0.47	9,3
Milieu. . . .	1 ,10	18.09	0.16	70.40	10.71	0.32	0.30	11,6
Bas.	0 ,55	18.59	0.14	68.92	11.55	0.30	0.50	12

De notre côté, nous avons obtenu des résultats se rapprochant de ceux de M. Delteil. Voici quelques analyses prises parmi les nombreuses que nous avons exécutées.

Tableau XXXIV.

Densité du jus des bouts blancs.	1 025	à	1 050
Sucre p. 100 centimètres cubes.	2.5	à	8
Glucose p. 100 centimètres cubes	3	à	1.50
Glucose p. 100 gr. de sucre	20	à	100
Pureté du jus	35	à	60

Quelquefois les bouts blancs sont bien éliminés des cannes, au moins en grande partie, mais reviennent dans les wagons sous forme de bouts tout venant placés au centre et plus ou moins cachés par de la canne bien propre et bien rangée.

1. Voir aussi Bonâme, p. 155.

Analyses de M. C. Saillard.

M. C. Saillard a publié un tableau intéressant sur la composition des différentes parties de la canne, en ce sens qu'il a résumé plusieurs essais afin de démontrer l'intérêt que le fabricant avait d'abord à enlever les parties supérieures des cannes et ensuite à chercher un moyen d'acheter la canne à sa richesse réelle, vu les grandes variations de qualité des cannes fournies, payées au poids brut, ce « qui est une véritable prime à la mauvaise culture et aux coupes hâtives ». (*Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des colonies,* numéro d'avril 1891.)

Tableau XXXV. — Tableau résumant les essais : analyse du jus.

	BRIX.	SUCRE p. 100 gr. de jus.	PURETÉ.	GLUCOSE p. 100 gr. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.
Partie inférieure (presque toute la canne)	16.55	14.46	87.35	1.23	8.53
Partie supérieure (les 3 nœuds et entre-nœuds de tête)	15.09	5.94	39.36	2.33	39.97

IX. — Composition des cannes avariées.

Si la composition de la canne normale apportée à l'usine est très variable malgré une maturité presque égale, la richesse des cannes avariées peut présenter et présente en effet des variations considérables.

On peut avoir, par exemple, des cannes qui, du jour au lendemain, se sont complètement modifiées, tant au point de vue physique qu'au point de vue chimique, par suite de diverses circonstances.

Ce sont des cannes, par exemple, qui, ayant subi une légère atteinte de la gelée, peuvent rester plusieurs semaines sur pied sans altération sensible si la température n'est pas très élevée, mais surviennent les chaleurs et la canne ne peut plus se maintenir. Elle change de couleur ; la tête est le foyer d'une altération plus ou moins prononcée ; il s'écoule des substances visqueuses de l'écorce, possédant une odeur désagréable ; on remarque des parties colorées en rouge, etc.

On constate alors que le jus de ces cannes a diminué en sucre cristallisable et a augmenté fortement en sucre incristallisable, mais qu'il y a eu perte de matière sucrée, puisque le total sucre et glucose ne correspond pas au total des deux sucres contenus dans la canne fraîche ou normale.

Puis il y a les cannes attaquées par divers animaux, brisées et laissées dans le champ.

Si les cannes à l'état normal contiennent, par exemple, 13 de sucre pour 100 gr. de matière et 4 de glucose pour 100 gr. de sucre avec une pureté de 85 dans le jus, selon le degré d'altération la richesse en sucre peut descendre à 7.8 de sucre p. 100 de la canne avec 10.15 et 20 de glucose pour 100 gr. de sucre, pour une pureté de 65 à 75 seulement dans le jus.

Ces cannes doivent donc être, autant que possible, séparées des cannes normales, car si on peut encore espérer recueillir un peu de sucre du jus extrait, l'altération d'un tel jus peut provoquer des difficultés dans le travail du jus de toutes les cannes écrasées ou coupées.

Mais, quoi que l'on fasse, il en passe toujours dans la fabrication, si bien que l'on a encore, de ce fait, une difficulté pour prendre un échantillon de la canne, soit dans les wagons, soit dans les tas de cannes destinées à aller au moulin, etc.

X. — Composition des cannes brûlées.

Dans certains pays, suivant les années et les circonstances locales, on a à enregistrer plusieurs incendies éclatant dans les champs de cannes. Des dispositions sont prises pour faire la part du feu et en arrêter ainsi le progrès, ce qui, malgré tout, occasionne parfois des dommages sérieux.

La canne brûlée peut encore être travaillée, mais elle ne peut pas être conservée beaucoup de temps après avoir subi l'action de la chaleur.

Le laps de temps est très variable suivant le degré de chaleur que la canne a dû subir et la durée de l'incendie.

Si le feu ne s'est propagé que par les extrémités des cannes sans

trop endommager la tige elle-même, protégée par des feuilles encore plus ou moins vertes, la canne ainsi brûlée peut rester encore sur le champ plusieurs jours et être coupée sans trop de précipitation. Mais si la canne a eu à subir une haute température, et ce durant un temps assez long pour faire éclater pour ainsi dire l'écorce, alors la canne est beaucoup plus sujette à s'altérer rapidement. C'est alors au fabricant à voir s'il a intérêt à travailler la canne plus ou moins altérée et le prix à en offrir.

XI. — Composition des cannes conservées.

1° Essais de H. Pellet.

Les cannes une fois coupées s'altèrent en général assez rapidement. Déjà après 18 ou 24 heures on peut remarquer une légère différence dans la pureté du jus et dans la quantité de glucose renfermée dans le jus normal, surtout si la canne en contient une faible proportion.

En effet, si une canne donne un jus n'ayant que 2 à 2.2 de réducteur pour 100 gr. de sucre, une légère augmentation des principes réducteurs se traduira par une proportion de suite plus élevée pour 100 gr. de sucre.

Au contraire, un jus ayant déjà 7 à 8 de réducteur p. 100 de sucre ne paraît pas en contenir beaucoup plus après la même durée de conservation.

Comme toujours, ces essais ne peuvent avoir quelque valeur qu'en opérant sur des quantités de cannes et en répétant les essais aussi souvent que possible.

Le changement qui s'opère dans les cannes conservées varie aussi avec la qualité même des cannes, leur degré de maturité, la température durant la conservation, l'humidité, si les cannes sont en tas, en wagons, en barques, etc., si les cannes coupées sont elles-mêmes saines ou déjà atteintes par la maladie.

Il est donc absolument impossible de dire ou de savoir la perte en sucre, ou la transformation de sucre en glucose qui peut avoir lieu en un temps déterminé pour toutes les cannes.

Néanmoins, nous avons fait quelques essais qui présentent, croyons-nous, quelque intérêt.

1re série (décembre 1895). — On a préparé 10 paquets de 21 cannes aussi semblables que possible comme grandeur, diamètre, etc.

De chaque paquet contenant 20 tiges, on a extrait 3 cannes au hasard, ce qui a permis de faire une analyse donnant la moyenne au départ. On a fait l'analyse séparée des dix paquets de 3 cannes. On a eu :

Tableau XXXVI.

	DENSITÉ.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.
	—	—	—	—
Maximum	1 070.5	13.80	6.02	89.3
Minimum	1 064.7	11.92	2.72	83.7
Moyennes	1 068	13.0	3.9	87.4

Tous les trois jours on prélevait un paquet qui était analysé. On a pu ainsi dresser le tableau ci-après, en ne donnant que les principaux résultats :

Tableau XXXVII. — Conservation à l'air libre.

	DENSITÉ.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.	PERTE p. 100 gr. en poids.	NOMBRE de jours de conservation.
	—	—	—	—	—	—
1.	1 067	12.16	7.86	84.6	2.62	3 jours.
2.	1 073.5	13.75	7.38	85.4	4.24	7 —
3.	1 076.3	13.57	7.64	88.4	5.53	10 —
4.	1 077	13.33	10.14	80.4	12.2	13 —
5.	1 080.6	13.40	13.37	78.9	16	16 —
6.	1 079.2	13.47	8.81	80.7	20.7	19 —
7.	1 082.5	13.58	11.14	77.9	15	22 —
8.	1 086.5	13.70	8.8	78.1	38	25 —
9-10.	1 091	13.28	18.66	65.6	44.7	28 —

Les différences par période doivent tenir aux différences mêmes, existant dans les paquets analysés. Néanmoins, on voit que le glucose p. 100 de sucre a rapidement augmenté pour s'élever jusqu'à

18.66 p. 100 de sucre, alors que la pureté est descendue de 88.4 à 65.6.

En outre, la richesse pour 100 gr. de cannes, sauf pour le premier lot, qui présente une anomalie, paraît être restée la même pour 100 gr. de cannes, malgré la perte de poids atteignant 44.7 p. 100. Donc par la conservation, la richesse n'augmente pas sensiblement, mais le glucose augmente et la pureté diminue — et la quantité de glucose formé, ajoutée au poids du sucre cristallisable, ne représente pas le total des deux sucres au départ.

2e série. — Mêmes conditions ; mois de janvier 1896.

Tableau XXXVIII. — Analyse moyenne des dix paquets.

	DENSITÉ.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
Maximum	1 074	14.7	2.66	92.7
Minimum	1 067	12.9	4.26	87.
Moyenne . .	1 070.5	13.5	3.3	88.5

On a poursuivi l'essai de conservation pendant 27 jours.
Les paquets ont été mis en tas et dans une salle.

Tableau XXXIX. — Résultats.

	DURÉE de la conservation.	PERTE de poids.	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
1.	4	2.5	1 072.9	13.4	4.17	89.2
2.	7	4.3	1 071.5	13.6	3.37	88.1
3.	11	10	1 072	14.2	3.8	89.6
4.	15	8.7	1 074	13.7	4.8	87
5.	20	9.0	1 076	14.3	3.10	87.8
6.	23	12.5	1 076.5	13.8	3.70	86.5
7.	25	15	1 081	14.7	3.75	87.1
8.	27	18	1 084	14.9	4.5	85.3

On voit que dans cette deuxième expérience la conservation a été tout à fait différente (température moyenne plus basse).

Durant le mois de février, la perte en poids a été plus forte et l'abaissement de la pureté plus rapide en même temps que l'augmentation du glucose.

Enfin, durant le mois de mars, on a eu les résultats ci-après :
Au moment de la préparation des paquets on a trouvé :

Densité du jus	1 071.5
Sucre p. 100 gr. de cannes	14.3
Glucose p. 100 gr. de sucre	1.35
Pureté.	93.4

Tableau XL. — Analyses durant la conservation.

	NOMBRE de jours de conserva-tion.	PERTE de poids.	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes (en tenant compte du ligneux).	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
1.	4	4.4	1 073	13.4	4.6	86.9
2.	7	6.9	1 078	13.5	4.8	81.4
3.	10	11.2	1 080.4	13.7	10.4	84
4.	13	11.7	1 077	12.3	13.7	76.5
5.	18	16.6	1 085	13.9	8.8	78.9
6.	23	19	1 091	13.9	20.6	73.7
7.	27	26	1 096	14.0	20.3	75.50

On voit que cette série tient le milieu entre l'essai de décembre et celui de janvier.

Nous disons que pour le sucre p. 100 de cannes nous avons tenu compte de la quantité de ligneux.

En effet, si on ne fait que l'analyse simple du jus sans tenir compte de la perte de poids qui augmente le ligneux, on trouve trop de sucre p. 100 de cannes. Ainsi, dans cet essai n° 4, si on n'avait pas tenu compte du ligneux, on aurait eu pour 100 gr. de cannes les richesses suivantes :

13.5 13.7 14.0 12.7 14.5 14.6 15.1

Ce qui fait que, d'après ces dernières richesses, le sucre paraît augmenter sensiblement dans la canne par suite de la perte de poids, alors qu'en réalité cette augmentation est faible et, si on fait la moyenne, on trouve encore à peu près que le sucre pour 100 gr. de cannes par la dessiccation durant la conservation n'a pas augmenté.

Par conséquent, lorsque, par suite de circonstances quelconques, les cannes n'arrivent à une usine qu'après 5, 6 ou 15 jours, il n'y a pas lieu de tenir compte de la perte de poids. Au contraire, si on n'a que le même poids de sucre pour 100 kilogr. pesés à l'arrivée que pour 100 kilogr. pesés à la coupe, on a, en outre, une pureté plus faible qui se traduit par une forte augmentation dans la proportion de réducteurs. Enfin, la qualité du jus est tout à fait différente et provoque souvent des ennuis dans la fabrication.

On reconnaît donc assez facilement les cannes qui ont ou trop séjourné sur pied, ou qui sont coupées depuis trop longtemps, par la densité élevée du jus, une pureté faible et une proportion considérable de sucres réducteurs en dehors de l'examen physique de la canne qui vient corroborer l'examen chimique. Ces cannes desséchées présentent des parties altérées et colorées des entre-nœuds qui se sont ridés suivant la hauteur et dont le diamètre est devenu plus faible que celui des nœuds qui, eux, n'ont pas subi de modification dans leur diamètre. Lorsqu'on soumet ces tiges à la pression, on remarque également une différence, l'écorce se brise et laisse échapper un jus ayant souvent une mauvaise odeur, alors que les cannes saines se cassent facilement par un coup sec.

Voici quelques analyses de cannes ayant plus ou moins de conservation.

Tableau XLI.

	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
1.	1 075	11.7	18.6	79.20
2.	1 076.8	11.2	27.5	69.50
3.	1 078.7	11.6	23.20	69.1
4.	1 077	11.0	32.50	67
5.	1 078.5	12.5	11.6	74.2
6.	1 077	12.1	13.7	73.3
7.	1 078.5	12.3	11.6	73.7
8.	1 079	12.4	17.4	73.3
9.	1 082.7	13.0	15.1	73.2
10.	1 071.2	12.6	6.4	83.5
11.	1 082	14.1	9.5	80.2
12.	1 076	13.1	8.3	81.2

2° *Essais de H. Dyer.*

M. H. Dyer, chimiste, chef de fabrication dans une sucrerie de Honolulu, a fait quelques essais sur la qualité de la canne restée trop longtemps même sur pied. Il a eu :

Tableau XLII.

	NOMBRE de dosages.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.
	—	—	—	—	—
Cannes récoltées en juin. .	150	17.92	0.63	3.51	86.9
— en juillet.	156	17.46	2.09	11.96	81.1

(*Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie*, avril 1894.)

Nous pourrions également rapporter ici plusieurs tableaux dus à divers de nos collègues concernant la perte en sucre dans les cannes conservées, mais nous avons craint d'allonger ce travail, d'autant plus que tous les chimistes sont d'accord pour reconnaître que la canne commence à s'altérer dès qu'elle est coupée. Naturellement, cette altération est plus ou moins rapide suivant les conditions de la conservation, mais la conclusion de toutes les recherches à cet égard est la même : travailler la canne coupée le plus rapidement possible.

XII. — Composition de la canne de 1re, de 2e année, etc.

On sait que la canne une fois coupée après une première année de végétation laisse un plant qui fournit une canne nouvelle ou repousse dite de 2e année, puis une deuxième pousse qui est la canne de 3e année et ainsi de suite.

Dans certains pays la canne est replantée tous les deux ans, c'est-à-dire que le premier plant ne donne qu'une repousse correspondant à la canne de 2e année. (Égypte principalement, etc.) Dans d'autres contrées le plant dure 3 ans. (Rénion, Maurice, etc.)

A la Guadeloupe on obtient 5 à 6 repousses d'un premier plant.

M. P. Bonâme dit qu'à Cuba et à Porto-Rico les plantations durent plus longtemps et qu'il y en a qui durent 15 et 20 ans.

Il serait intéressant de connaître les différences de rendement et de qualité durant ces diverses années successives.

Ce que l'on a remarqué en général, c'est que le rendement tend à baisser et baisse en effet, si bien qu'à la Guadeloupe la 3e repousse ou canne de 3e année ne donne plus que la moitié de la récolte.

Dans d'autres pays, le rendement est déjà presque nul après la 2e année et baisse de 30 à 60 p. 100 pour la canne de 2e année.

Au point de vue de la richesse en sucre, nous avons souvent constaté que la canne de 2e année contenait un peu plus de sucre en moyenne que la canne de 1re année récoltée au même moment, et en outre qu'il y avait souvent une proportion beaucoup moindre de glucose p. 100 de sucre, à richesse égale pour 100 centimètres cubes de jus, proportion pouvant descendre à 0.2 ou 0.3 p. 100 de sucre. Quant à la différence au point de vue de la composition minérale et azotée des deux cannes, elle est très faible.

XIII. — Richesse moyenne de la canne dans différents pays.

Il est bien évident que la richesse de la canne pour un même pays varie d'un endroit à un autre et pour le même endroit d'une année à l'autre.

Néanmoins on constate qu'il y a des différences très notables (moyennes de fabrication). Voici quelques chiffres.

Tableau XLIII.

			SUCRE p. 100 gr. de cannes.
Ile Maurice.	Usine Alma	1887-88	12.62
		1888-89	12.25
		1889-90	12.60
		1890-91	12.58
	Autre partie de l'île plus chaude	1889-90	14.90
		1890-91	14.27
Java	1		14.80
	2		13.31
Espagne			11.5 à 13
République argentine (une usine).		1896	12.50 à 13.3
Égypte			11 à 13
Bourbon (une usine)			15.50
Réunion			13 à 15
Guadeloupe			12.50 à 15.0
Hawaï		1893-94	15.10
		1894-95	15.52
		1896	14.65
Cuba			13 à 15
Louisiane			11.5 à 13

M. H. Leplay a donné le tableau ci-après dans son étude sur la formation du sucre (*Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie,* 15 mars 1889), tableau qui nous paraît ne plus être l'expression de la vérité actuellement, si toutefois on a pu avoir à la Réunion, par exemple, des richesses moyennes de *19.258 pour 100 grammes de cannes.*

Tableau XLIV.

	SUCRE p. 100 gr. de cannes		GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.
	cristallisable.	incristallisable.	
Maurice	15.97	0.569	3.652
Guadeloupe 1877	13.074	0.574	4.390
Guadeloupe 1886	15.000	0.700	4.660
Réunion	19.258	0.258	1.339
Madras	12.381	1.593	12.866
Java	13.910	0.75	5.390
Espagne 1886	13.676	0.902	6.522
Espagne 1887	11.498	1.041	9.053

Du reste, on a vu, par ce qui précède, combien la richesse de la canne est sujette à des variations pour un même pays, de telle sorte qu'il nous paraît impossible de citer des chiffres représentant la moyenne exacte de la richesse de la canne pour chaque pays. On peut seulement admettre des généralités et dire, par exemple, ce qui paraît être vrai, qu'à Maurice la canne y est moins bonne qu'à Java ou à Haïti, que la canne récoltée en Espagne est relativement de qualité inférieure par rapport à le qualité des cannes récoltées dans la plupart des principaux pays producteurs de cannes, tels que Cuba, Java, etc.

Les richesses indiquées ci-dessus ne peuvent pas évidemment donner une idée exacte de la richesse moyenne des cannes de chaque région sucrière. Il faudrait pour cela avoir des analyses faites d'abord de la même façon partout et ensuite des moyennes de la plus grande partie des usines d'un pays, et ce durant plusieurs années. Ce qu'il y a de positif, c'est que dans certaines contrées on travaille des cannes n'ayant pas 10 p. 100 de sucre cristallisable, fournissant du jus n'ayant que 75 à 77 de pureté, et 11 à 15 de glucose pour 100 gr. de sucre et cela pendant quelques semaines, alors que dans d'autres régions on travaille des cannes à 15 p. 100 de

sucre, donnant un jus à 89.92 de pureté avec 1 à 2 de glucose seulement p. 100 de sucre, ce qui correspond à des rendements en sucre pour 100 kilogr. de cannes variant presque du simple au double pour la même extraction de jus.

En outre, si on fait la moyenne de plusieurs pays durant plusieurs années, on constate des richesses de cannes de 11.5 à 12 p. 100 de sucre, alors que dans d'autres régions on n'écrase que des cannes à à 14 ou 15 p. 100, donnant des jus à 88 ou 90 de pureté et 1 à 3 de glucose pour 100 gr. de sucre, d'où des différences de rendement pour 100 kilogr. de cannes, de 2 à 4 pour une extraction de jus semblable et le même mode de purification du jus extrait.

Si l'on ajoute à cela l'influence du mode d'extraction du jus, les uns n'obtenant que 65 à 67 kilogr. de jus pour 100 kilogr. de cannes, les autres 75 et jusqu'à 84, on parvient à comprendre qu'il est impossible d'établir un parallèle entre la richesse de la canne à sucre et son rendement en sucre, par rapport au rendement de la betterave.

A une certaine époque, évidemment, la qualité de la betterave était excessivement variable d'un pays à l'autre, d'un département à un autre, mais, sauf quelques exceptions, soit en plus, soit en moins, on peut admettre des richesses moyennes de betteraves variant de 12.5 à 14.5 pour plusieurs années.

Le mode d'extraction est à peu près uniforme et le rendement ne diffère plus pour ainsi dire que suivant la richesse. Des écarts de 2 p. 100 de sucre dans ce rendement sont considérés comme énormes.

XIV. — **Variations de la richesse de la canne durant la journée.**

(Différentes époques ; même usine.)

Résultats de H. Pellet.

Suivant le mode d'approvisionnement, la richesse de la canne varie peu ou beaucoup dans la journée et elle peut également varier subitement d'un moment à l'autre. Cela dépend beaucoup aussi de la

quantité de cannes travaillées par heure et, par conséquent, du nombre d'appareils écrasant ou divisant la canne.

On peut avoir par exemple :

Tableau XLV.

	Densité du jus normal. a	Densité du jus normal. b
Cannes passées de 6 à 7 heures.	1 065.7	1 076.8
— 7 à 8 — .	1 066.5	1 078.7
— 8 à 9 — .	1 067.5	1 077.0
— 9 à 10 — .	1 067.5	1 075.0
— 10 à 11 — .	1 070	1 078.5
— 11 à 12 — .	1 068.0	1 077
— 11 à 1 — .	1 068.5	1 078.5
— 1 à 2 — .	1 069.7	1 079.0
— 2 à 3 — .	1 070	1 078
— 3 à 4 — .	1 068	1 082.7
— 4 à 5 — .	1 068	1 078.5
— 5 à 6 — .	1 069.5	1 080

XV. — Variations de la richesse de la canne travaillée à l'usine.

(Même année ; plusieurs usines.)

1° Observations de M. Erhmann.

Coupe 1888-1889 à l'île Maurice. Résultats de plusieurs usines, publiés par E. Ehrmann. En admettant ce travail commencé en octobre, on observe les variations ci-après :

Tableau XLVI.

	Richesse du vesou variant de	Pureté.
Octobre . . .	13.34 à 16.45 p. 100	83.4 à 93.8 p. 100.
Novembre . .	13.14 à 17.33 —	81.24 à 92.9 —
Décembre . .	11.82 à 18.37 —	81.40 à 95.0 —
Janvier . . .	10.61 à 14.78 —	76.81 à 92.76 —
Février . . .	8.82 à 14.16 —	»[1]

Si l'on suit plusieurs fabrications, on a en effet en général des

1. Puretés non indiquées, mais certainement pouvant descendre à 70 et n'atteindre que 85 à 86. (*Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie*, janvier 1890.)



cannes moins riches au début, puis la qualité s'améliore et on constate ensuite une diminution dans la qualité, diminution qui n'est pas toujours la même. Cela dépend beaucoup de la longueur de la fabrication, de la température, des saisons, etc., puis si la canne a été atteinte ou non de la gelée, de la maladie.

2° Observations de H. Pellet suivant les années et par semaine.

(Même usine; deux années.)

A titre d'exemple, voici la marche de la richesse de la canne dans une même usine durant deux fabrications.

Tableau XLVII.

	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	
1re semaine . .	11.16	11.75
2e — . .	11.21	11.84
3e — . .	11.54	11.97
4e — . .	11.61	12.10
5e — . .	12.30	12.40
6e — . .	12.07	12.08
7e — . .	12.47	12.35
8e — . .	11.77	12.60
9e — . .	11.72	12.50
10e — . .	11.51	12.36
11e — . .	11.21	12.83
12e — . .	11.20	12.86
13e — . .	11.40	13.20
14e — . .	10.60	14.11
15e — . .	10.50	15.35

M. Ew. Budan a donné également la variation de richesse de la canne durant quatre années à la Guadeloupe, et ce sur un travail total représentant 350 millions de cannes.

Tableau XLVIII.

	SUCRE calculé p. 100 gr. de jus.
1878	14.07
1879	15.10
1880	16.90
1881	17.40

Dans un rapport sur le travail de Ewa Mill[1] (îles Havaï), nous trouvons les résultats suivants pour deux campagnes.

Tableau XLXI.

		BRIX.	POLARISATION p. 100 gr.	PURETÉ.	GLUCOSE.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.
		—	—	—	—	—	—
Vesou normal.	1893-94	21.21	17.40	82.0	1.75	10	15.1
Jus des moulins.	1894-95	19.2	16.5	86.0	0.93	5.7	15.52
	1895-96[2]	18.7	16.19	86.5	0.65	4.0	14.65

On voit qu'il y a peu de variations dans la richesse en sucre p. 100 de cannes, mais une très grande différence dans la pureté et la quantité de glucose pour 100 gr. de saccharose.

Tableau L. — Résultats généraux de quatre campagnes dans une sucrerie de Cuba[3].

	DÉCEMBRE.	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS et AVRIL.
	—	—	—	—
Extraction en jus naturel p. 100. .	71.50	70.90	70.20	69.80
Baumé à 17°,5 C.	8.06	8.80	9.50	10.50
Brix	14.20	15.50	16.80	18.65
Sucre cristallisable	11.50	13.02	15.09	16.70
Sucre incristallisable	1.45	1.10	0.70	0.65
Pureté	80.99	84.00	89.82	90.04
Quotient incristallisable.	12.60	8.44	4.62	3.88
Acidité par litre	0gr,80	0,70	0,68	0.55
Masse cuite. 1er jet de canne . . .	11.09	13.34	13.40	13.99
Sucre. 1er jet p. 100 de masse cuite.	64.00	65.59	66.40	67.90
Sucre. 1er jet p. 100 de canne. . .	7.10	8.10	8.90	9.50
Sucre. 2e jet p. 100 de canne. . .	0.85	1.10	1.45	1.55
Polarisation du sucre. 1er jet . . .	95.50	96	96.50	97.00
Polarisation du sucre. 2e jet . . .	84.10	86.20	88.50	89.00

1. *Bulletin de l'Association des chimistes,* décembre 1896.

2. *Idem,* numéro de mars 1897.

3. D'après M. Boulanger, *Manuel-agenda des fabricants de sucre et des distillateurs,* 1895. Gallois et Dupont.

XVI. — Variations de richesse en sucre, en glucose, en sels et du quotient de pureté pour une même densité de jus.

Lorsqu'on parcourt les différents ouvrages contenant des analyses de cannes, on est étonné parfois des variations considérables qui existent dans la pureté des jus lorsqu'on compare une même densité de jus. Ainsi, sans faire attention à la nature de la canne ni à son année, mais en prenant des cannes travaillées, nous trouvons des chiffres comme ceux-ci :

Essai de M. P. Bonâme (1895, Maurice).

Tableau LI.

DENSITÉ.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	PURETÉ.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.
1 077	17.73	87.0	3.1
1 077	18.17	89.2	3.1
1 077	18.46	90.6	3.6
1 072	16.93	89.1	5.0
1 076	17.90	89.1	0.9
1 077	18.17	89.2	3.1
1 079	18.74	89.6	3.9

Tableau LII.

DENSITÉS.	MAURICE.			ÉGYPTE.		
	1. Sucre p. 100 gr. de cannes.	2. Glucose p. 100 gr. de sucre.	3. Pureté.	1. Sucre p. 100 gr. de cannes.	2. Glucose p. 100 gr. de sucre.	3. Pureté.
1 066	11.58	2.9	84.6	12.0	6.2	83.4
1 066	12.02	3.4	87.7	12.4	4.5	86.5
1 066	10.82	1.5	78.8	11.8	8.5	82
1 071	13.38	0.9	91	13.9	2.6	90
1 071	12.73	5.6	86	12.8	4.5	84.3
1 071	12.91	4.5	87.8	12.2	7.9	80.0
1 080	14.98	0.9	91.0	14.8	3.4	86.3
1 080	15.17	0.6	92.1	15.7	1.2	91.4

Ces résultats ne donnent absolument aucune moyenne, ce sont

des chiffres pris au hasard, mais qui démontrent que pour une même densité on peut obtenir des richesses variables et des puretés très différentes, la canne étant reçue à la fabrique.

Naturellement, il faudrait être certain que les éléments de calcul de la richesse des cannes soient exactement les mêmes partout et que les instruments soient identiques, c'est ce que nous ne savons pas.

Nous dirons même plus : nous croyons que le mode de calcul de la richesse de la canne pour 100 gr. est variable suivant les localités et qu'il y aurait lieu de s'entendre à ce sujet.

Au point de vue de la comparaison, elle devrait toujours être faite sur le jus obtenu de la canne au moyen des moulins de fabrique ou de laboratoire donnant au moins 60 à 65 p. 100 de jus. Alors, de la richesse du jus de la canne on adopterait un coefficient pour passer à la richesse de la canne qui serait uniforme, soit 84, comme cela est adopté à Maurice, soit 85. Nous reparlerons de cette question dans un chapitre spécial.

Il faut encore distinguer les cannes venues complètement par irrigation et les cannes récoltées dans les pays où l'humidité n'est formée que par les pluies naturelles.

Même pendant la récolte, si on analyse des cannes après une forte pluie ou un arrosage, on constate des différences sensibles dans la qualité du jus pour une même variation, c'est pourquoi l'étude des variétés de cannes présente tant de difficultés pour arriver à déterminer les quelques espèces qui devraient être plantées de préférence à d'autres ; aussi nous ne saurions trop recommander la prudence à ceux de nos collègues qui entreprennent de semblables recherches.

Si nous passons à la quantité de sels, elle est également variable pour une même densité dans divers pays.

A la Réunion, M. Delteil a donné la quantité de cendres pour 13 variétés de cannes allant de 0.47 à 0.90 p. 100 kilogr. de cannes. Ces chiffres sont en effet assez élevés pour certaines variétés.

A la Guadeloupe, M. P. Bonâme n'a trouvé que 0.30 à 0.45.

Dans d'autres contrées, on n'a constaté que 0.25 à 0.35 de cendres p. 100 de cannes.

Nous croyons que ces différences tiennent d'abord à la variété, ensuite à la richesse des qualités analysées et enfin suivant le mode de culture ou plutôt suivant la manière dont l'eau est distribuée. Si l'eau est donnée par irrigation, nous sommes porté à croire que la canne contiendra plus de sels que la canne venue sur un terrain où l'humidité est fournie par l'eau naturelle pour la plus grande partie.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDES SUR LA QUALITÉ DES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS DE CANNES

Les variétés de cannes cultivées dans le monde entier sont considérables. Néanmoins, dans chaque région sucrière on parvient peu à peu à éliminer certaines variétés pour n'en conserver que quelques-unes représentant la presque totalité de la plantation.

C'est ainsi qu'à la Réunion, par exemple, M. Delteil nous dit qu'on cultive plus spécialement 6 variétés désignées sous le nom de Tamariri, Bois rouge, Blonde, Poudre d'or, Pinang, Mapou striée et Guinghan.

D'après M. P. Bonâme, ce sont principalement les variétés désignées sous le nom de Otaïti, Violette et Salangose qui sont cultivées; à Maurice on cultive un grand nombre de variétés de cannes, surtout pour l'étude des meilleures à conserver, mais la plupart des plantations ne se font également qu'avec quelques variétés : Bambou, Guinghan, Bellouguet, Otaïti, Pinang, Diard.

Dans d'autres pays on se contente de deux ou trois variétés qui n'ont plus de noms même, et qu'on désigne seulement sous le nom de cannes rouges, blanches, rubanées ou mouchetées.

Mais comment déterminer la valeur exacte de telle ou telle variété

tant sous le rapport de la qualité que sous celui du rendement? Ce sont là des questions excessivement difficiles à résoudre.

Il est parfaitement certain que, s'il s'agit de champs d'expériences de petite surface, on peut parvenir à une certaine approximation pour la qualité saccharine, mais lorsque les essais portent sur des étendues de terrain assez considérables, les résultats sont absolument incertains.

Tous ceux qui se sont occupés de cette question sont d'accord pour dire comme M. P. Bonâme que les résultats obtenus sur les échantillons analysés au laboratoire ne correspondent pas toujours avec les analyses effectuées sur le jus, récolté pendant l'écrasement de 800 à 900 kilogr., comme correspondant à la même variété de cannes.

Relativement au rendement en poids, la question n'est plus la même. Il suffit de savoir exactement quels sont les wagons, voitures, barques ou charges diverses correspondant à une parcelle ou à un champ entier de n'importe quelle surface pour obtenir un rendement en poids exact.

Ce rendement en poids ne doit pas s'établir sur le poids moyen calculé sur les cannes analysées, car une légère différence sur l'échantillonnage moyen, sans influence sensible sur la richesse, correspond à une différence de rendement de 5 000 à 10 000 kilogr. à l'hectare suivant le nombre de pieds, et la récolte totale.

En outre, il faut poursuivre les essais de chaque variété pendant plusieurs années, afin de s'assurer que la quotité bonne ou mauvaise se maintient, et examiner leur résistance dans différentes conditions de végétation, etc.

Il est, en effet, très intéressant de suivre plusieurs variétés dans les mêmes conditions de culture.

Pour ne pas allonger ce travail, parlons seulement des plus récents essais de M. P. Bonâme, à Maurice, qui a constaté que la canne désignée sous le nom de Tamarin avait fourni en canne de 1re et 2e année des richesses moyennes de *17.41* p. 100 gr. de cannes, alors que la canne appelée Port-Mac-Kay n'avait fourni que 10.98 (essais de 28 variétés).

Lorsqu'on compare le rendement en poids, on arrive également à constater des différences considérables.

Dans une série d'essais de 20 variétés de cannes, M. P. Bonâme a donné les rendements des poids à l'arpent.

		RICHESSE p. 100 gr. de cannes[1].	SUCRE total à l'hectare.
		—	—
Maximum . .	61 980 kilogr.	16.43	8 772
Minimum . .	10 080 —	9.45	1 283

Dans le même tableau, on voit également des cannes correspondant à un même rendement en sucre total à l'arpent avec des richesses très variables.

Exemple :

	RICHESSE p. 100 gr. de cannes.	SUCRE total à l'arpent.	POIDS à l'arpent.
	—	—	—
Variété Big-Tanna . . .	12.09	5 067	41 910
— Iscambiné rayé.	14.40	5 090	35 350
— Fotioge	16.43	5 034	30 640

Il est parfaitement évident qu'au point de vue du fabricant, c'est la canne Fotioge qui devra être préférée. Mais, si l'achat est fait au poids, le cultivateur préférera certainement la variété Big-Tanna.

On voit que nous touchons là une question très importante : l'achat de la canne à la richesse, déjà demandée par plusieurs de nos collègues (Saillard, etc.). Cette question, il est probable, sera résolue un jour, comme elle l'a été dans plusieurs pays sucriers cultivant la betterave. Mais elle paraît moins simple à résoudre pour la canne, précisément soit à cause de l'échantillonnage, soit à cause des méthodes à employer pour l'analyse (densité du jus, analyse directe, valeur réelle ou proportionnelle).

Mais enfin, les difficultés ne nous paraissent pas insurmontables. Il faut néanmoins étudier cette question pendant plusieurs années dans différentes conditions afin de ne présenter et ne faire adopter, si possible, qu'une méthode évitant les discussions entre acheteur et vendeur et s'appliquant à tous les cas.

1. Maximum et minimum constatés, mais pouvant ne pas correspondre aux maximum et minimum en poids.

L'étude des variétés de cannes doit aussi se faire non pas sur un même terrain, mais sur des terrains variés, car les résultats sont parfois différents et la variété préférable pour telle nature de terrain, ne fournira que des rendements médiocres dans tel autre sol.

Aussi est-il fort difficile de dire souvent si la canne de telle variété est meilleure que la canne de telle autre variété. Autant de consultations à cet égard, autant de réponses différentes.

Alors on procède à quelques analyses, afin d'avoir une opinion, mais ces essais isolés ne donnent pas toujours l'expression de la vérité. Pour obtenir un résultat à peu près certain, il faut répéter les essais, puis les renouveler plusieurs années, dans différentes contrées, opérer sur un nombre de cannes assez élevé, et enfin choisir les cannes de variétés différentes, récoltées absolument dans le même sol et ayant subi exactement les mêmes traitements durant la végétation et enfin prélevées au même endroit sur le terrain.

Nous donnerons dans un chapitre spécial les explications nécessaires à ce sujet.

Puis, lorsque les cannes sont ainsi récoltées, il faut prendre, pour l'analyse, des cannes différentes de chaque variété comme poids, longueur, diamètre, hauteur des entre-nœuds, mais choisir dans la variété à comparer avec la première des sujets correspondants.

Voici, par exemple, la variété A. Elle a donné dans six endroits différents les résultats ci-après :

Tableau LIII.

	DENSITÉ.	SUCRE p. 100 cc.	GLUCOSE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.
Variété A.	1 072	17.0	0.38	2.2	89.2
	1 076	17.5	0.56	3.2	88.6
	1 067	14.6	0.63	4.3	81.9
Variété B.	1 072	16.7	0.56	3.3	87.6
	1 065	14.1	1.08	7.7	82.7
	1 062	13.0	1.28	9.9	78.2

Faut-il conclure de là que la variété B est moins bonne que la variété A? Évidemment non. Voici pourquoi. C'est que si, dans des

conditions de culture absolument semblables on prend les 2 variétés, on a les résultats ci-après :

Tableau LIV. — Décembre 1895.

(*3 champs situés à 40 ou 50 kilomètres les uns des autres.*)

		DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc.	GLUCOSE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ.
		—	—	—	—	—
1.	A. .	1 069.0	15.49	0.82	5.29	85.20
	B. .	1 070.0	15.92	0.67	4.20	85.8
2.	A. .	1 073.0	17.05	0.47	2.7	88.8
	B. .	1 071.5	16.74	0.67	3.0	88.8
3.	A. .	1 079.0	19.20	0.30	1.5	91.2
	B. .	1 079.5	19.36	0.24	1.2	91.9

Moyennes.

		DENSITÉ.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	SUCRE p. 100 gr. de cannes. (coeff. 88).	PURETÉ.
		—	—	—	—	—	—
Variétés	A . .	1 073.6	17.25	0.53	3.07	14.13	88.2
	B . .	1 073.6	17.34	0.521	3.03	14.21	88.6

Tableau LV. — 1896-1897.

(*Même usine; moyenne de cinq analyses comparatives des deux mêmes variétés.*)

		DENSITÉ.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	PURETÉ.
		—	—	—	—	—
Variétés	A . . .	1 070.2	16.10	3.76	12.98	88.48
	B . . .	1 071.0	16.27	4.06	13.04	88.14

Tableau LVI. — 1896-1897.

(*Autre usine située à 500 kilomètres de la première; moyenne de plusieurs essais.*)

		DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 cc. de jus.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	PURETÉ du jus.
		—	—	—	—	—	—
Variétés	A. .	1 079	18.96	0.37	2.0	15.08	91.4
	B. .	1 078	18.82	0.26	1.40	14.99	92.9

Si on fait la moyenne générale, on arrive aux résultats ci-après :

Tableau LVII.

	SUCRE p. 100 gr. de cannes.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.	PURETÉ du jus.	VALEUR proportionnelle.
Variétés A. . . .	13.97	2.67	89.36	12.48
Variétés B. . . .	13.96	2.66	89.53	12.51

Donc ces deux variétés, au point de vue de leur qualité saccharine pour des cannes semblables, ont absolument la même valeur, lorsqu'elles sont cultivées d'une façon identique.

Mais la pratique alors doit démontrer si dans un champ la variété A donne autant de rendement que la variété B, et si la richesse moyenne du champ est la même pour les deux variétés, car les expériences ci-dessus ne démontrent qu'une chose, intéressante, il est vrai, c'est que des cannes des variétés A et B, ayant sensiblement le même aspect, la même longueur et la même grosseur, le même nombre d'entre-nœuds et un poids moyen analogue, ont la même richesse récoltées sur le même terrain et venues dans des conditions analogues. Mais cela ne veut pas dire que dans le champ de la variété A, il y aura autant de cannes semblables, une à une, aux cannes du champ B.

Par exemple, prenons l'essai n° 2, où l'on trouve la canne variété A à 12.98 de sucre p. 100 de cannes, B à 13.04 de sucre, le poids moyen étant de 1^{kg},100 environ par canne.

A la récolte, on peut constater que le champ A ne renferme que 40 p. 100 de cannes analogues et que les 60 p. 100 restants sont composés de 40 p. 100 de cannes ayant seulement en moyenne 12 p. 100 de sucre et 20 p. 100 de cannes plus riches, ayant 15 p. 100, soit une moyenne générale de 13 p. 100 de sucre.

La variété B peut donner :

50 p. 100 de cannes à 13 p. 100 ;
30 p. 100 — à 14 p. 100;
10 p. 100 — à 15 p. 100 ;
10 p. 100 — à 12 p. 100 ;

La moyenne s'élèvera à 13.4 p. 100.

Des différences dans le même sens ou en sens inverse peuvent être observées au point de vue du poids. C'est pourquoi on doit chercher le moyen d'obtenir la richesse moyenne d'un champ de cannes, le poids étant facile à contrôler comme il a été dit.

Alors de tels renseignements, obtenus en diverses parties d'un pays, et durant quelques années, peuvent seuls permettre de voir que telle qualité est préférable à telle autre, ou que telle variété est à recommander pour tel terrain plutôt que telle autre variété qui convient mieux à un sol différent, leur résistance à la maladie, aux intempéries, l'époque de leur maturité, etc.

Si on n'a pas procédé de cette manière, ce qui est le cas le plus général, on ne peut avoir aucune confiance dans les avis, du reste souvent très partagés, des cultivateurs eux-mêmes. Des opinions dont on ignore absolument le point de départ finissent par être admises sans contrôle et on est tout étonné de constater qu'elles n'ont parfois absolument rien de fondé.

Nous n'avons parlé ici que des cannes plantées. Or, on sait que maintenant il existe la canne dite de graine, et dont la culture a été essayée dans diverses stations expérimentales. M. P. Bonâme, de son côté, en a semé et les analyses qui ont été faites à Maurice démontrent que les cannes récoltées sont de qualité très variable, comme les cannes plantées.

Voici quelques comparaisons :

Tableau LVIII.

	5 septembre 1895.			7 octobre 1895.			Novembre 1895.			Décembre 1895.			Moyennes	Rendement à l'arpent	
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.			
	Sucre p. 100 gr. de cannes.	Pureté du jus.	Glucose p. 100 gr. de sucre.	Sucre p. 100 gr. de cannes.	Pureté du jus.	Glucose p. 100 gr. de sucre.	Sucre p. 100 gr. de cannes.	Pureté du jus.	Glucose p. 100 gr. de sucre.	Sucre p. 100 gr. de cannes.	Pureté du jus.	Glucose p. 100 gr. de sucre.	Sucre p. 100 gr. de cannes.	en poids.	en sucre.
														Kilogr.	
Cannes de graines . .	6.8	85.3	2.7	8.7	92.7	0.4	7.5	89.0	1.2	7.0	87.5	1.7	14.75	32 260	4 077
Autres cannes. Maximum .	7.7	91.4	0.8	8.3	93.7	19.4	8.6	91.5	15.9	8.7	93.0	21.6	17.41	61 980	8 772
Autres cannes. Minimum .	5.5	67.6	28.8	6.4	70.6	0.9	6.1	79.1	0.3	6.0	75.5	0.4	10.98	10 080	1 283

Maintenant, il est très bien prouvé qu'il existe de la graine de cannes. Aussi, peut-on parfaitement admettre tout ce qui a été dit par certains auteurs sur la culture de la canne et sa croissance spontanée en divers pays.

Dans une introduction historique relative à la fabrication du sucre[1], nous trouvons en effet que la canne croît spontanément sur les bords de l'Euphrate. François Ximenès dit, dans son *Traité des plantes de l'Amérique,* que la canne à sucre vient naturellement sur les bords de la rivière de la Plata.

En 1556, paraît-il, on trouva également la canne sur les bords de la rivière Janeiro, et dans des endroits où les Portugais n'avaient pas encore pénétré.

Puis, divers voyageurs rencontrent aussi la canne à sucre à l'état sauvage dans les contrées voisines de l'embouchure du Mississipi, à l'île Saint-Vincent.

1. *Manuel Roret,* par F.-S. Zoega. 1868.



TABLE DES MATIÈRES

DU TOME PREMIER (1897)

Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie.

ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

NOTA. — *Tous les ouvrages adressés* franco *à la Rédaction seront annoncés dans le premier fascicule qui paraîtra après leur arrivée. Il sera, en outre, publié s'il y a lieu, une analyse des ouvrages dont la spécialité rentre dans le cadre des* Annales (*chimie, physique, géologie, minéralogie, physiologie végétale et animale, agriculture, sylviculture, technologie, etc.*).

Tout ce qui concerne la rédaction des Annales de la Science agronomique française et étrangère (*manuscrits, épreuves, correspondance, etc.*) *devra être adressé* franco *à M.* **L. Grandeau**, *rédacteur en chef, 48, rue de Lille, à Paris.*

ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

ORGANE

DES STATIONS AGRONOMIQUES ET DES LABORATOIRES AGRICOLES

PUBLIÉES

Sous les auspices du Ministère de l'Agriculture

PAR

Louis GRANDEAU

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'EST
PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES STATIONS AGRONOMIQUES
VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'ENCOURAGEMENT A L'AGRICULTURE
MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'AGRICULTURE

2e SÉRIE — TROISIÈME ANNÉE — 1897

Tome II.

Avec figures dans le texte.

PARIS

BERGER-LEVRAULT ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

5, rue des Beaux-Arts, 5

MÊME MAISON A NANCY

1897

ÉTUDES

SUR

LA CANNE À SUCRE

DOSAGE DU SUCRE — COMPOSITION DE LA CANNE — ÉCHANTILLONNAGE

PAR

M. H. PELLET

CHIMISTE-CONSEIL

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDES SUR LA QUALITÉ DES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS DE CANNES

(Suite.)

Il y a évidemment un très grand intérêt à connaître les meilleures qualités de cannes à planter pour tel pays, car les différences peuvent être considérables tant au point de vue de la richesse que du rendement en poids et du sucre total produit à l'hectare. Pour citer des expériences récentes à ce sujet, nous emprunterons à un article publié dans la *Sucrerie indigène,* du 14 septembre 1897, deux tableaux concernant les rendements en poids de 10 variétés de cannes, avec les richesses correspondantes. On verra que la quantité de sucre à l'hectare peut varier de 7 588 à 12 150 kilogr. à l'hectare. (Résultats extraits de la gazette officielle, *la Barbade,* 19 juillet 1897.)

Essais dans les jardins botaniques de Demerara.

Tableau LIX.

DÉSIGNATION des variétés.	KILOGR. de cannes à l'hectare.
Seedling, 145	77 000
Seedling, 147	70 200
Burke	67 771
Seedling, 149	65 261
Seedling, 115	59 460
Queensland créole	58 986
Caledonian queen	55 221
Bourbon	54 200
Seedling, 7	54 000
White transparent	51 000

Tableau LX.

RICHESSE.	SUCRE p. 100 gr. de jus.	SUCRE p. 100 kg de cannes. (coeff. 88).	SUCRE total produit à l'hectare.
Caledonian queen	18.30	16.10	8 890
Queesland créole	18.11	15.93	9 396
Seedling, 115	18.08	15.90	9 454
White transparent	18.05	15.87	8 093
Seedling, 145	17.96	15.77	12 150
Seedling, 7	17.65	15.53	8 426
Seedling, 147	16.75	14.74	10 290
Burke	16.66	14.66	9 935
Bourbon	15.91	14.00	7 588

Des expériences ont été également entreprises au Brésil depuis plusieurs années et il a été constaté, suivant les variétés de cannes, des rendements de 25 000 à 115 000 kilogr. à l'hectare et des richesses allant de 11 à 17 pour 100 gr. de cannes.

QUATRIÈME PARTIE

SUR LE DOSAGE DIRECT ET INDIRECT DU SUCRE CRISTALLISABLE ET DU SUCRE INCRISTALLISABLE DANS LA CANNE A SUCRE

Dans une étude spéciale, intitulée : *le Dosage du sucre cristallisable dans la betterave*, nous avons donné la description des 20 procédés employés, depuis 1747 jusqu'en 1886, pour le dosage direct ou indirect du sucre dans la betterave, sans assurer que la liste était complète.

Nous n'avons nullement l'intention de les résumer et nous renvoyons le lecteur que cela peut intéresser à notre travail paru dans les *Annales de la Science agronomique française et étrangère* (tome Ier, 1892), sous la direction de M. L. Grandeau[1].

Quelques-uns de ces procédés peuvent être appliqués au dosage du sucre dans la canne, mais nous en parlerons au fur et à mesure que nous décrirons les différentes méthodes directes ou indirectes et les procédés basés sur l'emploi de l'eau ou de l'alcool par digestion ou par extraction.

Depuis 1886, de grands progrès ont été réalisés dans les méthodes employées pour le dosage direct du sucre contenu dans la betterave.

Pour ne pas trop nous étendre et pour comparer en outre l'analyse de la betterave à celle de la canne, nous suivrons le même ordre que celui que nous avons suivi dans la troisième partie de notre travail relatif au dosage direct du sucre dans la betterave.

1. Brochure tirée à part de 164 pages.

I. — Des différents procédés qui peuvent être appliqués à l'analyse de la canne pour le dosage direct du sucre cristallisable qu'elle renferme.

On peut résumer ainsi les divers procédés :
Procédés chimiques;
Procédés physiques (polarimétriques).

a) PROCÉDÉS CHIMIQUES

Les procédés chimiques reposent principalement sur le dosage du sucre cristallisable (transformé en sucre inverti), au moyen de la liqueur de Fehling ou de Violette. Ils ne sont plus employés pour ainsi dire lorsqu'il s'agit de l'analyse directe de la betterave ou de la canne, et ils sont réservés seulement au dosage du sucre inverti. Nous aurons donc à en parler lorsque nous traiterons de la question du dosage des sucres réducteurs contenus dans la canne à sucre.

b) PROCÉDÉS PHYSIQUES (POLARIMÉTRIQUES)

Les procédés physiques (polarimétriques) sont basés sur l'emploi du saccharimètre pour la détermination directe du sucre. Ils peuvent être divisés en deux groupes.

1er groupe A. *Procédés à l'alcool.*
2e — B. *Procédés à l'eau.*

A. Les *procédés à l'alcool* connus pour la betterave sont les suivants :

1° Extraction alcoolique (Riffard-Scheibler);
2° Digestion alcoolique à froid (Stammer);
3° Digestion alcoolique à chaud (Degener, Rapp-Degener, etc).

B. Les *procédés à l'eau* également connus pour la betterave sont les suivants :

1° Extraction aqueuse à froid (Pellet);

2° Extraction aqueuse à chaud (Pellet);
3° Extraction aqueuse à chaud (Delville);
4° Extraction aqueuse à chaud (Vivien-Castels);
5° Extraction par épuisements successifs à chaud (divers);
6° et 7° Digestion aqueuse à chaud (Pellet-Wiley) [bain-marie];
8° Digestion aqueuse avec eau chaude (divers);
9° et 10° Diffusion instantanée aqueuse à froid (modification Kaiser-Leuwenberg).

Nous allons passer maintenant rapidement en revue ces diverses méthodes, en indiquant si actuellement elles sont applicables au dosage direct du sucre dans la canne à sucre.

A. — Procédés à l'alcool.

1° *Procédé Riffard. — Scheibler* (Extraction alcoolique).

Ce procédé est parfaitement applicable au dosage direct du sucre dans la canne à sucre.

Nous ne décrirons pas le procédé Scheibler bien connu, soit à l'aide de son extracteur, soit à l'aide de tous les extracteurs imaginés pour l'analyse de la betterave (Sohxlet, Kunter, Pellet, etc.). Relativement au procédé Riffard, nous renverrons le lecteur à notre travail (brochure, p. 14), ou mieux en remontant à la source de nos renseignements, c'est-à-dire dans la magnifique *Étude historique, chimique et industrielle des produits d'analyse des matières sucrées;* 1 volume, p. 405 et suivantes (1884), par H. Leplay.

Le procédé Riffard est basé sur l'emploi de l'alcool pour extraire le sucre de la matière divisée, et en utilisant les appareils dits extracteurs, genre Payen.

2° *Digestion alcoolique à froid.*

La digestion alcoolique à froid indiquée par Stammer n'est applicable dans certaines conditions qu'à l'analyse de la betterave.

Ce procédé exige une pulpe véritablement à l'état de crème, c'est-à-dire excessivement fine. Déjà pour la betterave, cette divi-

sion extrême présente de grandes difficultés, surtout pour éviter la dessiccation de la matière et ensuite pour obtenir un poids notable de substance à l'état convenable pour le procédé.

Mais lorsqu'il s'agit de la canne, nous croyons devoir dire que, jusqu'à présent, on n'est pas parvenu à la réduire à l'état de pulpe analysable par la méthode alcoolique à froid de Stammer.

3° *Digestion alcoolique à chaud.*

La digestion alcoolique à chaud est parfaitement applicable à l'analyse de la canne. Seulement, comme le sucre est beaucoup moins rapidement soluble dans l'alcool que dans l'eau et que la division de la canne présente plus de difficultés que celle de la betterave, il s'ensuit que les résultats fournis par la digestion alcoolique de la canne sont beaucoup plus incertains que lorsqu'elle est appliquée au dosage direct du sucre dans la betterave.

Avant de passer en revue les *Procédés aqueux,* examinons et résumons les essais qui ont été faits pour le dosage direct du sucre dans la canne, soit par extraction, soit par digestion alcoolique.

Le dosage direct du sucre dans la canne par extraction alcoolique a été étudié dans plusieurs laboratoires, mais c'est principalement dans le laboratoire de Kagok-Tegal, à Java, que cette méthode a été expérimentée, comparativement avec d'autres procédés par digestion alcoolique ou par digestion aqueuse.

Nous extrayons les renseignements ci-après de l'ouvrage du Dr Krüger, intitulé : *Berichte der Versuchsstationen für Zuckerrohr in West-Java, Kagok-Tegal* (Java), Heft I.

On découpe la canne au moyen d'un coupe-cannes à cinq couteaux, et on obtient des rondelles d'un millimètre d'épaisseur, qu'on divise ensuite à la main en morceaux de 3 à 4 millimètres de grandeur. (Nous préférons pour cela le mortier.) On peut préparer ainsi quelques kilos de cossettes en 10 minutes, et on évite sensiblement l'évaporation. (Nous ne le pensons pas, malgré ce que dit l'auteur, qu'après une demi-heure à l'air libre le dosage ait été de 16.20 au lieu de 16.44 avant.)

L'auteur s'est servi de telles cossettes pour l'analyse par l'alcool

Il a toujours employé l'alcool *absolu du commerce*. Durée de l'extraction : deux heures.

L'auteur a eu sur un même échantillon :

Tableau LXI.

	1.	2.	3.
Extraction alcoolique (2 heures).	17.5	16.5	14.3
Digestion alcoolique —	16.7	15.7	13.0

La digestion alcoolique donne un résultat trop bas.

En prolongeant la digestion durant trois heures, on obtient des chiffres qui se rapprochent de l'extraction alcoolique, les légères différences pouvant provenir de l'échantillon même :

Extraction alcoolique.	18.4	16.9	14.5	15.2	17.2	15.9
Digestion alcoolique .	18.5	16.9	14.5	15.2	17.8	16.2

L'auteur a remarqué que la digestion pouvait se faire aussi bien à l'*eau* qu'à l'*alcool;* que c'était plus simple, plus rapide, plus exact, puisqu'on pouvait prendre plus de matière à analyser, la digestion se faisant au bain-marie bouillant durant une heure. Mais M. H. Winter ne veut pas abandonner tout à fait l'alcool. Il en met pour baigner les cossettes, ce qui agit comme antiseptique, dit-il, puis il met de l'eau aux trois quarts du ballon, fait la digestion aqueuse pour ainsi dire, et complète le ballon avec de l'alcool. On voit que dans les trois cas la richesse du liquide en alcool est bien différente, et on peut admettre que la deuxième est une digestion aqueuse.

Or, les résultats sont très concordants par les trois méthodes :

Tableau LXII.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Extraction alcoolique.	16.5	14.3	15.4	16.9	14.5	15.2
Digestion aqueuse . .	16.6	14.3	18.5	16.9	14.5	15.1[1]
Digestion alcoolique .	18.5	16.9	17.8	14.5	16.2	15.2[1]
Digestion aqueuse . .	18.5	16.9	17.8	14.5	16.3	15.2[1]

1. Cependant ces chiffres seraient un peu forts par rapport à l'extraction alcoolique, la correction de l'erreur due à la présence du marc n'ayant pas été faite. L'auteur a trouvé qu'il y aurait à multiplier par 0.98, ce qui donnerait un résultat général de 0.30 environ *en moins* par les digestions que par l'extraction alcoolique (?).

L'auteur paraît en effet, par la suite, préférer la méthode par digestion aqueuse à chaud et nous en reparlerons.

Expériences du Dr Wiley sur le dosage direct du sucre dans la canne au moyen de l'alcool.

M. Wiley, chimiste en chef au département de l'agriculture à Washington, a publié dans le *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie de France* (numéro de juin 1884, p. 154, tome II), une note très intéressante sur le dosage direct du sucre dans la canne.

Il a étudié l'épuisement à l'eau, l'épuisement à l'alcool et la digestion aqueuse à chaud. Nous donnerons dès maintenant les résultats qu'il a obtenus par l'emploi de l'alcool. M. Wiley a essayé :

1° L'épuisement de la rondelle de canne plus ou moins divisée par cinq ébullitions successives ayant une durée de 20 minutes, et en employant à chaque traitement un volume sensiblement égal à celui de la matière ;

2° Même série, mais en opérant dix traitements successifs ;

3° Même série, mais en laissant les rondelles en ébullition au contact de l'alcool durant une heure.

Les résultats ont été détestables dans tous les cas, et en général il y a eu 1.66 de saccharose en moins que la quantité calculée d'après l'analyse indirecte, différence bien supérieure à celle constatée par l'application de la digestion aqueuse à chaud.

L'emploi de l'alcool pour l'analyse de la canne amène également d'autres inconvénients, si bien que M. Wiley n'est nullement partisan de son emploi, au contraire.

Traitement par l'alcool (digestion et épuisement).

Série V. — On a opéré comme avec l'eau, c'est-à-dire par cinq ébullitions successives, puis par dix, et ensuite on a mis bouillir les rondelles dans cinq fois leur volume d'alcool, durant une heure.

On a constaté une différence de 1.66 p. 100 de saccharose.

Résultats moyens. — L'alcool amène également d'autres inconvénients, ce qui a fait complètement rejeter l'emploi de ce véhicule pour l'extraction du sucre des cossettes de cannes, au moins dans le laboratoire de Washington. Nous verrons d'autres essais à Java, tendant aux mêmes conclusions.

Comme nous avons vu que, dans le laboratoire d'essais de Java, on a reconnu que l'extraction alcoolique bien employée donne exactement les mêmes résultats que les méthodes aqueuses, qu'en outre la digestion alcoolique peut fournir des résultats inférieurs à ces deux procédés, que l'extraction alcoolique exige une longue durée pour être certain de l'épuisement et enfin que ce procédé ne permet que quelques dosages dans une journée et réclame une surveillance incessante, nous pouvons conclure que, pour le *dosage direct du sucre cristallisable dans la canne à sucre*, L'ALCOOL DOIT ÊTRE COMPLÈTEMENT REJETÉ. (Même conclusion que pour l'analyse de la betterave.)

B. — Procédés à l'eau.

1° *Extraction aqueuse à froid.*

Ce procédé est applicable à la betterave, à la condition d'avoir une pulpe suffisamment fine et analysable à froid par diffusion instantanée. Alors, au lieu de mettre le poids normal de pulpe avec de l'eau jusqu'à un volume déterminé, on place ce poids normal de pulpe dans un extracteur (Pellet ou autres) et on l'épuise au moyen d'un courant d'eau dont l'écoulement est réglé de telle sorte que le volume de 200 centimètres cubes soit obtenu en 10, 15 ou 20 minutes.

Mais, avec la canne, ce procédé n'est pas utilisable, parce qu'il n'existe pas encore d'appareils permettant d'effectuer la division nécessaire de la canne pour l'application générale des procédés dits à froid, quoiqu'on ait parlé d'avoir de la crème de cannes.

2° *Extraction aqueuse à chaud* (Pellet).

C'est le même procédé que le précédent, mais en employant l'eau chaude.

Cependant, même avec l'eau chaude, cette méthode peut laisser à désirer, suivant la division de canne, division qui, comme nous le verrons, joue un très grand rôle.

Aussi l'extraction aqueuse du sucre à chaud d'un poids de 16gr,20 à 26gr,048, dans un volume de 100 à 200 centimètres cubes, même en prolongeant la durée du contact, n'est-elle pas à conseiller, pas plus au point de vue scientifique qu'au point de vue pratique.

3° *Extraction aqueuse à chaud* (Delville).

Mêmes observations que pour les procédés précédents.

4° *Extraction aqueuse à chaud* (Vivien-Castels).

On met 100 gr. de matière divisée dans un tube spécial disposé comme un extracteur. On remplit le tout d'eau chaude (80° à 85°) et on laisse en contact trois minutes. Au-dessous, se trouve un ballon d'un litre. On reçoit le liquide chargé de sucre, on recommence et on opère ainsi 7, 8 ou 10 fois jusqu'à ce que le litre soit à peu près rempli ; on complète avec un peu de sous-acétate de plomb et, après agitation, on filtre et on polarise. On calcule le sucre pour 100 grammes de cannes.

Ce procédé réclame également une pulpe très divisée et nous doutons que les appareils connus actuellement pour réduire la canne en fins filaments puissent fournir la matière dans un état suffisant de division pour appliquer sans crainte la méthode de M. Vivien.

On peut mettre dans cette catégorie le procédé indiqué par M. O. Castels, publié dans le *Bulletin de la Société des anciens élèves de Gembloux*, 1896.

Voici en quoi consiste ce procédé :

On dispose un réservoir d'eau bouillante dans lequel on prélève l'eau bouillante pour le lessivage d'un poids donné de pulpe. Cette eau arrive par siphon ou des tubulures inférieures à l'extrémité desquelles on a placé soit des pinces de Mohr, soit des robinets réglables à l'effet d'avoir un jet fin et puissant.

L'eau est amenée sur la pulpe de canne (50 gr.), placée dans un tamis reposant sur un entonnoir mis sur un ballon de 2 litres.

L'eau, traversant la couche plus ou moins épaisse, enlève le sucre et, suivant la vitesse avec laquelle on a rempli le ballon de 2 litres contenant toujours 5 à 6 centimètres cubes de sous-acétate de plomb, la matière est épuisée totalement ou renferme encore un peu de sucre. Tout cela dépend de la division de la matière. Aussitôt qu'il y a des parties grossières, l'épuisement est incertain pour l'un ou l'autre de ces procédés, à moins de procéder par épuisements séparés et avec des volumes de moins en moins grands et d'analyser tous les liquides pour être certain de l'épuisement complet, ce qui est toujours douteux. Un liquide ayant passé à travers une couche de cossettes de cannes divisées peut ne pas contenir de sucre, alors qu'il en reste dans la masse, ce que nous avons vérifié. Cela tient à ce que le sucre facilement enlevable a été entraîné dans les premières eaux de lavage, tandis que le sucre situé au centre des filaments plus ou moins épais ne peut être enlevé qu'avec le temps. C'est alors que le sucre peut être rendu visible en opérant une digestion, ou en exerçant une forte pression sur le marc supposé épuisé. On retrouve du sucre dans le liquide extrait. (Correspondant à 0.1 ou 0.2 pour 100 gr. de cannes.)

5° *Extraction par épuisements successifs à chaud* (Divers).

Ce système a été essayé par divers chimistes et même appliqué couramment dans certaines usines.

Voici d'abord les expériences de M. Wiley.

Dosage direct du sucre dans la canne (procédé du Dr Wiley). — Nous trouvons dans le *Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des colonies* du mois de juin 1884 (page 154, n° 6, tome II) quelques détails relatifs aux essais faits par le Dr Wiley, chimiste en chef du département de l'agriculture à Washington, pour la détermination directe du sucre dans la canne à sucre, dans le sorgho et dans les bagasses.

M. Wiley a étudié diverses méthodes et voici comment il a conduit ses expériences, ainsi que les bases admises pour les calculs.

On a admis : 1° que la canne à sucre contenait 92 p. 100 environ de jus, soit 8 p. 100 de marc (cannes de la Louisiane);

2° Que le sorgho ne contenait au contraire que 89 p. 100 de jus et 11 p. 100 de marc.

3° Pour l'analyse des jus, on s'est servi d'un petit moulin agissant sur des rondelles obtenues par le passage de 25 à 50 kilogr. de cannes à analyser dans un coupe-cannes ordinaire.

4° La quantité de jus obtenue a été environ de 64 p. 100.

5° Poids variable de cossettes, mais généralement en les traitant par 5 ou 10 fois leur poids d'eau dans différentes conditions.

Durant l'opération, addition d'eau pour maintenir le volume. *Après refroidissement, le contenu du ballon jaugé est complété à un volume ou à un poids donné et soumis à l'examen.*

M. Wiley a essayé ensuite pour chaque série trois méthodes :

a) La méthode optique;

b) La méthode cuprique (Fehling);

c) La méthode au permanganate de potasse. Cette méthode consiste à dissoudre l'oxydule de cuivre au moyen d'alun ferrico-ammoniacal et à déterminer le sulfate ferreux produit par une solution titrée de permanganate de potasse.

Ensuite M. Wiley a essayé plusieurs modes de traitement des rondelles, avec ou sans broyage, et enfin le traitement par l'eau et à l'alcool.

Résultats généraux. Procédés par épuisements successifs. — 1re *série*. — Rondelles bouillies dans 5 fois leur poids d'eau; durée moyenne de l'ébullition, une heure et demie.

Nous donnons seulement un tableau complet pour indiquer en détail les résultats obtenus; pour les autres séries nous ne donnerons que le résumé.

TABLEAU.

Tableau LXIII.

NATURE de l'échantillon.	SACCHAROSE p. 100 gr.	AUTRES SUBSTANCES p. 100 gr.	SACCHAROSE p. 100 gr. de cannes calculés d'après le jus.	AUTRES SUCRES p. 100 gr. de cannes calculés d'après le jus.	DÉFICIT de saccharose.	EXCÉDENT de saccharose.	DÉFICIT d'autres sucres.	EXCÉDENT d'autres sucres.	MÉTHODE D'ANALYSE.
Jus.	10.38	2.41	9.24	»	»	»	»	»	Optique et réductrice.
Rondelles . .	8.68	2.09	»	2.14	0.58	»	0.05	»	Cuivrique.
»	8.33	»	»	»	0.91	»	»	»	Optique.
»	8.43	»	»	»	0.81	»	»	»	»
»	7.78	»	»	»	1.44	»	»	»	»
»	7.35	1.98	»	2.14	1.89	»	0.16	»	Cuivrique.
»	7.29	2.14	»	»	1.95	»	»	»	»
Jus.	9.38	2.24	8.35	»	»	»	»	»	Optique et réductrice.
Rondelles . .	7.07	2.69	»	2.42	1.28	»	0.18	»	Cuivrique.
»	7.40	»	»	»	0.89	»	»	0.27	Permanganate.
»	6.96	2.43	»	»	1.38	»	»	»	Optique.
Jus.	9.69	»	»	»	»	»	»	»	Optique et réductrice.
Rondelles . .	7.69	»	8.68	2.16	1.01	»	»	»	Optique.
»	7.66	»	»	»	1.02	»	»	»	»
»	7.82	2.65	»	»	0.86	»	»	0.49	Permanganate.
»	6.86	2.80	»	»	1.82	»	»	0.64	Cuivrique.
Moyennes. .	»	»	»	»	1.22	»	0.10	0.35	

La moyenne indique donc un déficit de saccharose et souvent une augmentation des autres sucres. Méthode à rejeter.

2e série. — Mêmes conditions; durée de l'ébullition, trois heures au lieu de une heure et demie.

Résultats moyens. —Déficit en saccharose de 1.22 à 1.92. Méthode à rejeter.

3e série. — Rondelles bouillies dans cinq quantités d'eau successives. Chaque quantité un peu supérieure au volume de la cossette. Durée moyenne de l'ébullition, 20 minutes chaque fois.

Résultats moyens. — Perte de 1.29 de saccharose. Méthode également à rejeter.

4e série. — Mêmes conditions, mais en mettant dix fois de l'eau successivement.

Résultats moyens. — Perte de 0.98 de saccharose.

On déduit de ces essais que le traitement des rondelles de cannes par de l'eau bouillante, même en renouvelant dix fois l'addition de l'eau, n'est pas suffisant pour obtenir l'extraction complète du sucre de la cossette. En outre, il y a à craindre que par une durée aussi prolongée il y ait parfois formation de sucre réducteur aux dépens du saccharose. Enfin, il n'y a pas de relation entre le jus extrait de la canne et la richesse directe pour 100 gr., ainsi que cela a été démontré aussi pour la betterave.

Mais, d'après nous, cela doit tenir surtout à la division de la canne, c'est-à-dire à ce que les rondelles étaient trop épaisses. M. Wiley dit bien que dans quelques cas on a essayé le broyage des cossettes au mortier sans avoir constaté d'augmentation dans le pour-cent de sucre.

En effet, si on divise la cossette de cannes en plusieurs morceaux, qu'elle soit déjà mince par elle-même, et ensuite qu'on la passe dans un mortier pour avoir une matière représentant de la grossière pulpe de betterave, on parvient à extraire sensiblement tout le sucre de la canne par des épuisements successifs, surtout en opérant comme suit :

Peser 50 gr. de la matière divisée et bien mélanger, ajouter 150 à 200 centimètres cubes d'eau, faire bouillir et après cinq minutes environ d'ébullition décanter le liquide dans un ballon de 1 litre renfermant 5 centimètres cubes de sous-acétate de plomb, remettre de l'eau, et faire bouillir à nouveau 7 à 8 minutes et ainsi de suite, on arrive à faire ainsi 7 à 8 lavages, avec lesquels on a extrait sinon absolument tout le sucre (car il y en a encore des traces visibles à l'alpha-naphtol), mais au moins pratiquement. On refroidit, on complète 1 000 centimètres cubes et on polarise au tube de 500 ou de 400, on calcule le sucre pour 100 gr. de cannes et on applique ensuite le coefficient tel qu'en multipliant le degré observé par ledit coefficient, on trouve de suite la richesse de la canne analysée pour les conditions adoptées (poids 50 gr., volume 1 000 centimètres cubes, tube de 500 millimètres).

C'est un procédé évidemment long, et qui exige une certaine surveillance, mais il peut être appliqué à des essais de contrôle pour l'analyse moyenne des rondelles, à chaque poste si la sucrerie uti-

lise la diffusion. Le résidu de l'extraction sert au dosage du ligneux dans l'échantillon moyen.

Après ces cinq ou six extractions prolongées *sur la cossette divisée convenablement,* il ne reste plus que des traces de sucre visibles seulement pour l'alpha-naphtol et correspondant à 0.02 ou 0.05 de sucre pour 100 gr. de cannes, et quelquefois à 0.12 ou 0.15. On peut opérer sur 100 gr., ou 78, ou 104^{gr},096 de pulpe.

Sur une partie de cannes riches on a eu ainsi[1] :

Tableau LXIV.

	SUCRE p. 100 gr. de cannes.
1er ballon	8.32
2e —	6.24
3e —	1.69
4e —	0.78
5e —	0.26
6e —	traces
Total . . .	17.29

Si on représente la marche de l'épuisement par une courbe, on a la suivante (*fig. 2*) :

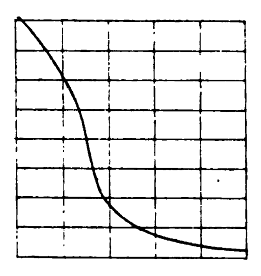


FIG. 2. — Marche de l'épuisement de la cossette de cannes par lessivages successifs à l'eau chaude.

Ce procédé n'est pas très pratique pour un grand nombre d'es-

1. En opérant avec le tube de 500 centimètres cubes — alors on lit directement la richesse — puisqu'on multiplie par 2.5 le résultat et la pesée égale quatre fois plus de matière normale. Mais il faut absolument le 6e lavage pour assurer l'*épuisement pratique.*



sais et, on le voit, il ressemble beaucoup à celui préconisé par M. Vivien pour l'analyse de la betterave par diffusion, tandis qu'ici on opère par ébullition directe.

L'épuisement par lavages successifs ne peut jamais, du reste, être complet, sinon en pratique, du moins en théorie, et il est facile d'expliquer pourquoi on constate toujours du sucre dans les dernières eaux d'extraction.

Admettons les quantités de matière ci-après :

Pulpe, 100 gr.; richesse, 18 p. 100 de sucre ; eau, 65; eau, 200 gr. ajoutés par chaque lavage; nombre de lavages, 5.

Si on met 200 gr. eau + 65, on dissoudra après 10 minutes dans les meilleures conditions tout le sucre dans 265. La richesse du liquide sera $\frac{18}{265}$ ou 7.5 p. 100 environ.

Admettons qu'il reste chaque fois avec la pulpe les 65 p. 100 d'eau.

Donc, il y aura $\frac{65 + 75}{100} = 4.87$ de sucre pour 265 d'eau, ou 1.85 p. 100.

3ᵉ lavage, même calcul, 0.45 p. 100.

4ᵉ lavage, même calcul, 0.11 p. 100.

5ᵉ lavage, même calcul, 0.025 p. 100.

6ᵉ lavage, même calcul, 0.006 p. 100.

On voit donc qu'il faut au moins 6 lavages bien exécutés pour obtenir un liquide ne contenant plus que *0.06* de sucre par litre, très visible avec l'alpha-naphtol.

Si maintenant on peut réduire le volume du liquide restant dans la pulpe après chaque lavage, l'épuisement sera plus rapide, sans être complet, scientifiquement parlant.

On voit, en outre, qu'il faut que la diffusion soit complète après chaque lavage pour que l'eau extérieure corresponde à la même richesse que l'eau située à l'intérieur de la pulpe. En pratique, on a tendance à avoir plus de sucre dans le jus intérieur, ce qui explique que l'on constate en effet encore parfois de 0.1 à 0.2 de sucre par litre dans la dernière eau de lavage et de 0.2 à 0.3 dans l'eau de pression de la cossette épuisée.

La perte ne correspond qu'à 0.05 ou 0.15 de sucre p. 100 gr. de cannes, mais, enfin, si elle n'est pas toujours très visible avec le saccharimètre, elle est très calculable.

La courbe devient celle-ci :

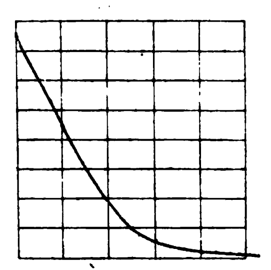


FIG. 3. — Marche de l'épuisement de la cossette de canne par lessivages successifs à l'eau chaude.

Et, suivant le rapport entre la richesse, la quantité d'eau ajoutée, le poids de pulpe employée, elle varie principalement au début, si la durée de l'ébullition n'est pas exactement la même entre chaque extraction.

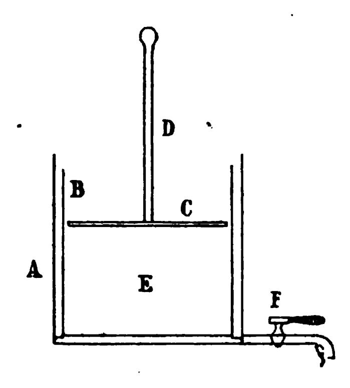


FIG. 4. — Appareil Zamaron pour le dosage direct du sucre dans la canne par épuisements successifs.

A. Réservoir cylindrique en cuivre muni d'un robinet F.
B. Réservoir cylindrique (un peu plus petit que A) en tôle de cuivre perforée, et dans lequel on met 100 gr. de canne divisée. Ce réservoir est porté par un croisillon placé au fond du vase A.
C. Plateau perforé muni d'une tige D pour presser la pulpe de cannes quand on ouvre le robinet F.
Le tout est placé sur un support pour être chauffé au gaz, etc. Sous le robinet F on met un ballon de 1 litre.

M. J. Zamaron a décrit un appareil permettant le dosage direct du sucre dans la canne par épuisements successifs à l'eau bouillante.

Cet appareil est construit de manière à faire 5 ou 10 analyses à la fois, et a été disposé heureusement pour éviter les espaces nuisibles afin d'obtenir l'épuisement pratique de la cossette, aussi divisée que possible, avec 6 lavages, pour un volume total de 1 litre.

C'est l'appareil qui, jusqu'ici, nous semble le plus pratique pour opérer le dosage du sucre dans la canne par épuisements. Le marc reste dans le panier intérieur en toile métallique et, après dessiccation, donne le ligneux[1].

« Le dosage direct et exact du sucre dans la canne étant assez délicat à exécuter pour avoir des résultats se rapprochant de la vérité, il est bon de ne suivre qu'une seule et bonne méthode, afin d'avoir des chiffres satisfaisants.

« Le procédé que je vais décrire peut être employé aussi bien pour les analyses de betteraves que pour celles de cannes. Il suffira d'apporter dans la marche de l'analyse toutes les précautions qui y seront indiquées.

« A l'aide d'un seul appareil spécialement construit à cet usage, on pourra faire dix analyses de cannes en une heure et démie.

« Comme la betterave s'obtient dans un état de division plus grande que la canne, il est certain que l'on pourra faire un plus grand nombre d'analyses de betteraves que de cannes, par suite de la vitesse d'extraction du sucre à chaud.

« Pour les analyses de cannes, on devra avoir :

« 1° Un coupe-cannes;

« 2° Un mortier en fonte (de dimension assez grande) pour diviser la canne ;

« 3° Un appareil pour le dosage direct du sucre dans la canne[2].

« Dans les usines où l'on marche avec la diffusion, on pourra prendre de nombreux échantillons de cossettes (pour la canne), afin d'obtenir à la fin de la journée, ou de la nuit, une moyenne qui, certainement, devra représenter la quantité du sucre contenu dans la canne, pourvu que les échantillons de cossettes soient réguliers,

---

1. Appareil présenté à l'assemblée générale de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des colonies, séance du 12 juillet 1897.

2. La description de cet appareil sera décrite plus loin dans cet article.



afin d'avoir une moyenne aussi exacte que possible de la canne travaillée à l'usine.

« **Préparation de la pulpe de canne qui doit être analysée.** — Les cossettes prélevées aux coupe-cannes de l'usine, ou celles que l'on obtient au laboratoire avec des cannes qui y sont envoyées spécialement, sont broyées très finement dans un mortier en fonte. On doit faire subir à la cossette la plus grande division possible. De cette façon, on obtient une pulpe de canne qui se mélange parfaitement, et s'épuise à chaud avec rapidité.

« La préparation de cette pulpe doit se faire très vivement, afin d'éviter une évaporation d'eau, qui amènerait une augmentation sensible de sucre dans 100 gr. de canne.

« Dès que la pulpe est préparée, on doit avoir soin de la placer dans un récipient muni *d'un couvercle,* afin d'éviter une évaporation d'eau ; ensuite l'on procède aussitôt à la pesée des 100 gr. de matière intimement mélangée.

« Comme l'on obtient, dans les usines de betteraves, la pulpe très divisée, la préparation des échantillons moyens devient plus facile que pour les cannes.

« Cela fait, on procède à l'analyse.

« **Marche à suivre pour avoir l'extraction totale du sucre dans la canne.** — On prélève 100 gr. de pulpe divisée et bien mélangée, et on les introduit dans le panier métallique P de l'appareil à doser le sucre. Cela fait, on épuise la pulpe avec de l'eau bouillante.

« On commence par verser d'abord 200 centimètres cubes d'eau bouillante dans le récipient V de l'appareil qui contient le panier métallique et la pulpe, et l'on fait bouillir cette eau 10 à 12 minutes. Par suite de cette ébullition, une grande partie du sucre de la pulpe se dissout rapidement, et, au bout du temps indiqué ci-dessus, l'on soutire le liquide sucré dans un ballon jaugé A de 1 000 centimètres cubes. Lorsque tout ce liquide sucré est soutiré, on verse une seconde fois 200 centimètres cubes d'eau bouillante sur la pulpe ; on laisse le même temps de contact de l'eau sur la canne en faisant bouillir, et l'on procède ensuite au soutirage du liquide sucré.

« Comme l'on doit faire six épuisements successifs pour extraire la totalité du sucre, on ne devra plus ajouter après le second épuisement que *150 centimètres cubes d'eau* bouillante (au lieu de 200 centimètres cubes).

« Au bout du sixième épuisement, on aura un volume de liquide sucré chaud, de 960 centimètres cubes environ, à cause de l'évaporation d'eau produite par l'ébullition.

« Avant de recueillir le jus sucré du premier épuisement, on devra avoir soin d'ajouter 10 ou 15 centimètres cubes de sous-acétate de plomb à 28° Baumé, afin de précipiter les matières organiques et d'éviter l'altération du liquide sucré.

« Lorsque les six épuisements sont terminés, on refroidit le jus sucré, recueilli dans le ballon, à la température de 20° C. environ, ensuite l'on complète le volume à 1 000 centimètres cubes; l'on agite le tout et l'on filtre.

« Le liquide filtré est polarisé dans un tube de 400 millimètres.

« Le nombre de degrés lus, multipliés par :

			Poids normal. — Gr.
0,81	Saccharimètre Laurent	. . . .	16,20
0,8135	—	—	16,27
1,3024	—	Schmidt et Hœnsch . . .	26,048

= le sucre contenu dans 100 gr. de canne ou de betterave.

« On peut doser le glucose sur le liquide filtré.

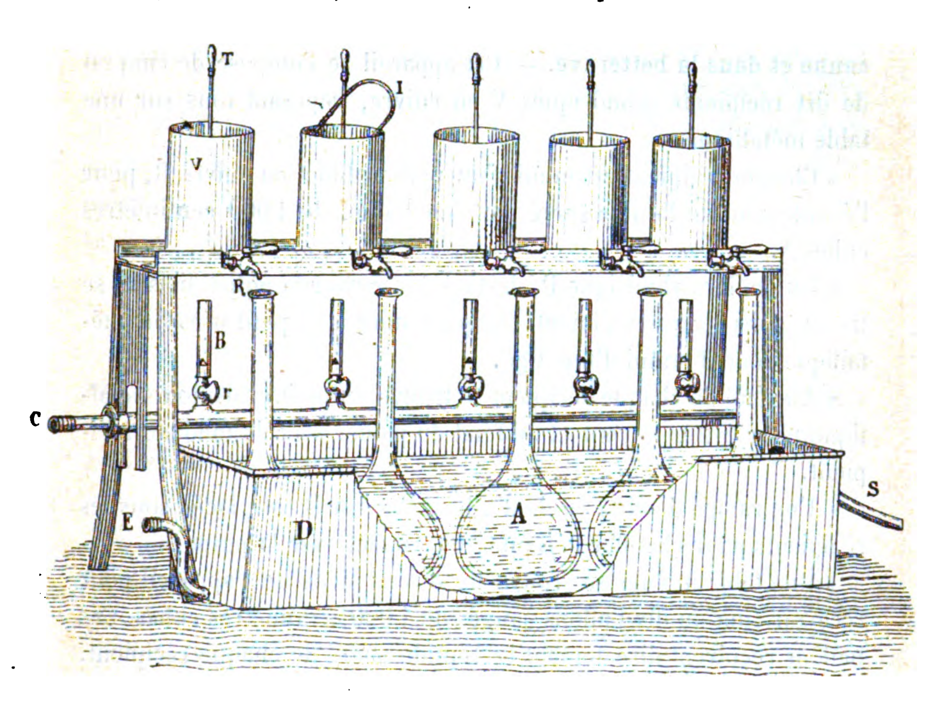
« La pulpe, une fois épuisée, est pressée assez fortement dans le panier même, à l'aide du petit pressoir T, pour en extraire le plus d'eau possible, et on la porte ensuite en la laissant dans le panier à l'étuve chauffée à 100-110° pour la dessécher complètement. Lorsque la dessiccation est terminée, on obtient la quantité de ligneux contenu dans la canne pour 100 gr. de matière.

« Cette méthode est rapide et certaine; et l'on arrive facilement à obtenir de très bons résultats.

« Aucune altération ne se produit pendant l'ébullition.

« Depuis 1889 que j'emploie ce mode de dosage du sucre dans la canne, je n'ai jamais eu d'augmentation de glucose pendant l'opéra-

tion, et, pour qu'il y ait interversion de sucre, il faudrait opérer sur des cannes fortement altérées. Exemple, les cannes attaquées par le borer (ver de la canne). Si l'on se trouve en présence de semblables



Détails.

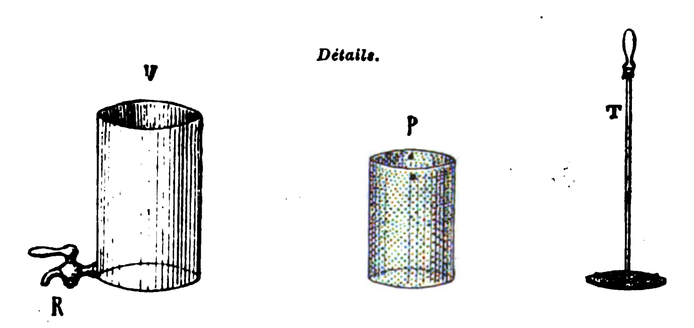


Fig. 5. — Appareil Zamaron pour le dosage direct du sucre dans la canne.

cannes, on n'a qu'à ajouter un peu de chaux ou de baryte pour neutraliser la forte acidité de ces cannes.

« Cette méthode s'applique aussi bien à la betterave qu'à la canne ;

il suffit d'ajouter un peu de chaux pour alcaliniser très légèrement les eaux d'épuisement.

« **Description de l'appareil spécial pour doser le sucre dans la canne et dans la betterave.** — Cet appareil se compose de cinq ou de dix récipients cylindriques V en cuivre, reposant tous sur une table métallique.

« Chaque récipient est muni d'un petit robinet en cuivre R, pour l'écoulement du liquide sucré dans un ballon de 1 000 centimètres cubes A.

« Un panier cylindrique P, destiné à recevoir la pulpe divisée, se trouve dans chaque récipient. Chaque panier a un petit pressoir métallique rond T muni d'une tige.

« Au fond de chaque récipient se trouve un petit croisillon métallique pour éviter le contact du fond du panier avec le fond du récipient.

« Une rampe de cinq ou de dix becs Bunsen B est placée sous les récipients pour chauffer le liquide en contact avec la pulpe.

« Une table mobile se trouve fixée aux pieds de l'appareil pour recevoir cinq ou dix ballons jaugés de 1 000 centimètres cubes. Ces ballons reçoivent directement le liquide sucré de chaque récipient. Des numéros (1 à 10) sont gravés sur les récipients et sur les paniers métalliques.

« Afin de pouvoir compléter le volume de 1 000 centimètres cubes aussitôt les dix analyses terminées, on pourra adapter un récipient D avec courant d'eau froide, dans lequel baigneront les ballons recevant le liquide sucré chaud. Cette petite installation pourra se faire dans chacun des laboratoires qui emploieront cet appareil.

« Comme cet appareil est la réunion de cinq récipients semblables, on pourra, si l'on veut, augmenter ou diminuer à volonté le nombre de récipients.

« On trouvera chez MM. Gallois et Dupont, 37, rue de Dunkerque, à Paris, l'appareil ci-dessus indiqué avec toutes les explications pour son fonctionnement. »

6° *Digestion aqueuse à chaud* (Pellet).

On connaît ce procédé pour la betterave. Il peut être appliqué absolument de même pour l'analyse de la canne. On ne doit modifier que le poids de la canne si on veut faire un volume fixé de 200, 300 ou 500 centimètres cubes, ou modifier le volume définitif si on prend 1 fois, 1 fois 1/2 ou 2 fois 1/2 le poids normal du saccharimètre que l'on emploie pour obtenir un dosage direct à l'aide du tube de 400 ou de 500 millimètres.

Le procédé se résume en ceci : Quel est le volume occupé par la cellulose impure renfermée dans la canne ?

Cette question a été traitée par plusieurs chimistes. M. Wiley conseille d'adopter la densité de 1, donc 1 centimètre cube par gramme de résidu insoluble de la canne. C'est-à-dire que si on pèse 16.20 de matière par 200 centimètres cubes et qu'il y ait 10 p. 100 de cellulose impure, le volume occupé par le résidu serait de 1^{cc},6, soit 201^{cc},6. Cette manière de voir nous paraît très applicable et très simple pour la pratique. Nous conseillons donc de l'adopter, quoique, au point de vue scientifique, cela ne soit pas tout à fait exact. Nous avons trouvé des densités de cellulose impure un peu supérieures à 1, et, dans nos calculs, nous adoptions 1.2, ce qui aurait donné 1^{cc},33 au lieu de 1^{cc},6 en adoptant la base formulée par le Dr Wiley.

Mais, comme nous le verrons plus loin, le dosage direct du sucre dans la canne ne peut pas servir de base à un contrôle absolument exact par suite de la trop grande variation de richesse de la canne.

Dans le laboratoire de Java, on préfère également la méthode par digestion aqueuse et nous avons donné précédemment les résultats comparatifs avec les méthodes alcooliques.

Pour l'application de la digestion aqueuse à chaud, nous conseillons la pesée du double poids normal et demi dans un ballon de 500 centimètres cubes, de telle sorte que la polarisation dans un tube de 400 millimètres donne directement la richesse.

Si donc le ligneux est de 10 p. 100, le saccharimètre a 16.20 de

poids normal; cela fera 40gr,5 de matière ou 4.05 de ligneux, soit 504 centimètres cubes.

Si l'on veut rester au volume de 500 centimètres cubes, on devra peser seulement 16.07 × 2.5 ou 40gr,17. Même calcul pour le saccharimètre allemand.

On peut avoir des ballons de 500 centimètres cubes à col assez large pour l'introduction de la pulpe et de la forme de nos ballons de 200 centimètres cubes pour l'analyse de la betterave en verre spécial résistant aux changements brusques de température.

Utiliser l'acétate de plomb neutralisé au lieu de sous-acétate de plomb et l'ajouter avant le chauffage.

Laisser digérer au bain-marie presque bouillant durant une heure, une fois le ballon chaud.

C'est pourquoi il est bon d'ajouter de suite de l'eau presque bouillante jusqu'à la marque de 500.

Si l'on craint que la pulpe ne vienne en partie flotter au-dessus du liquide, accompagnée de bulles d'air, on peut placer une rondelle de plomb, percée de trous, dans le col du ballon, descendue jusqu'un peu au-dessous du niveau du liquide, comme nous l'avons signalé pour la betterave.

On peut aussi agiter de temps à autre pour chasser l'air émulsionné, etc.

Refroidir, compléter au volume définitif adopté, agiter, filtrer et polariser au tube de 400 à l'aide d'un polarimètre très sensible au vingtième, on a directement la richesse pour 100 gr. de canne. On peut opérer avec le double poids normal dans 200 centimètres cubes s'il s'agit du saccharimètre à 16gr,20, mais avec le simple poids normal s'il s'agit du polarimètre allemand. Le volume de 52 gr. de pulpe de cannes dans 200 centimètres cubes est trop considérable, et si la division n'est pas convenable, le rapport de l'eau à la pulpe est trop faible pour obtenir un rapide épuisement en une heure au bain-marie.

De même, on doit bien faire attention à mettre, dès le début, la presque totalité de l'eau, car l'eau ajoutée ensuite ne fait que diluer le *liquide extérieur* situé autour de la pulpe, mais ne dilue pas celui renfermé dans les cellules mêmes. Donc, le dosage est inférieur à

la réalité. Ce phénomène est très net déjà avec de la betterave et est très accentué avec la pulpe de cannes.

Le docteur Wiley a essayé aussi l'application de la digestion aqueuse à chaud, et nous extrayons de son travail, déjà cité, les notes suivantes :

7° *Digestion aqueuse à chaud* (Wiley).

Les séries 6 et 7 correspondent à des essais faits au moyen de la digestion aqueuse à chaud, en ballon bouché et dans 5 fois le poids d'eau environ, durant une heure (*série 6*) et deux heures (*série 7*).

Tableau LXV.

Série 6. — Résultats moyens (1 heure) :

Déficit de saccharose. . .	0.30	moyenne dans	5 essais.
Excédent de saccharose .	0.52	—	8 —
Déficit d'autres sucres . .	0.16	—	4 —
Excédent d'autres sucres .	0.07	—	1 —

Série 7. — Résultats moyens (2 heures) :

Déficit de saccharose. . .	0.97	—	2 essais.
Excédent de saccharose .	0.69	—	10 —
Déficit d'autres sucres . .	0.19	—	3 —
Excédent d'autres sucres .	0.22	—	1 —

Il résulte de ces essais que ce mode d'analyse semble préférable aux autres et qu'il n'y ait pas lieu de prolonger la durée du chauffage au delà d'une heure.

De l'ensemble des essais ci-dessus, M. Wiley a conclu à la méthode ci-après pour le dosage direct du sucre dans la canne à sucre[1] :

1° Échantillonnage de la canne ;

2° Découpage en rondelles aussi minces que possible par le coupe-cannes ;

3° Mélange des cossettes et prise de l'échantillon ;

1. Tout ce que nous disons sur la canne est applicable au sorgho et aux bagasses de cannes, de sorgho, etc.



4° Peser 3 fois le poids normal du saccharimètre que l'on possède et passer le tout dans un ballon portant un bouchon en caoutchouc analogue à celui des bouteilles de bière. Un trait doit indiquer le volume de 305^{cc},4 si l'on veut analyser le sorgho[1];

5° Mettre au bain-marie bouillant durant une heure après avoir ajouté un peu de sous-acétate de plomb, puis de l'eau jusqu'à la marque à peu près;

6° Faire refroidir, compléter exactement, agiter, filtrer et polariser;

7° Faire deux ou trois analyses du même échantillon et prendre la moyenne;

8° Ajouter au besoin des traces de soude ou de potasse[2];

9° On peut faire le volume de 300 centimètres cubes et modifier le poids de la canne à peser pour tenir compte du volume du marc.

On voit que M. Wiley a beaucoup étudié la question de l'analyse directe de la cossette ou rondelle de la canne et qu'il y a dans son procédé beaucoup de points de ressemblance avec la méthode que nous avons appliquée à l'analyse de la betterave depuis *1883*, c'est-à-dire l'analyse directe de la pulpe en ballons chauffés au bain-marie et dont la description a paru dans le *Bulletin de l'Association des chimistes* du mois d'août 1884. Cela tient à ce que nous avions réservé ce mémoire pour l'assemblée générale du 28 juillet 1884 et dont le compte rendu n'a été imprimé que dans le *Bulletin* du mois suivant. Mais, depuis longtemps, nous avions fait les essais et toutes les recherches relatives aux formes des ballons et à la durée du chauffage, à l'emploi du sous-acétate de plomb, etc.

8° *Digestion aqueuse avec eau chaude* (Divers).

Pour l'analyse de la betterave, on a proposé, dans ces derniers temps, un procédé dit de Herles, et qui consiste à mettre de l'eau chaude sur la pulpe, et à laisser le tout en digestion pendant un

1. Volume différent pour les autres sortes de cannes.

2. Nous avions indiqué également précédemment pour la betterave l'addition de l'eau de chaux. Plus tard on a proposé le carbonate de chaux pour neutraliser l'acidité, si on la croit trop forte.

certain temps. Ceci pour supprimer le bain-marie dans le cas par l'application du procédé à chaud.

Mais ce procédé est dangereux, car si la pulpe n'est pas très divisée, on ne sait pas le temps de contact nécessaire pour chaque essai.

En effet, il est dit que, pour appliquer cette manière d'opérer, on doit éviter la présence de morceaux grossiers, les séparer, etc.

On ne peut pas éviter ces semelles avec la préparation de la pulpe de betteraves par les râpes à dents, par exemple, ou même par les hache-viande.

Aussi, conseillons-nous la *digestion aqueuse à chaud au bain-marie pour l'analyse* de toutes les pulpes qui ne peuvent pas être analysables à froid.

On reconnaît qu'une pulpe est analysable à froid lorsque, essayée par le procédé de diffusion aqueuse instantanée et à froid dans le minimum de temps possible, le résultat correspond à celui obtenu par la méthode à chaud.

Du reste, dès 1887, nous avons essayé cette marche à eau chaude et, ayant eu des résultats incertains, nous l'avons rejetée.

(Voir notre brochure de 1887 sur l'analyse de la betterave par un nouveau procédé simple, rapide et peu coûteux, page 49.)

Par conséquent, nous ne croyons pas devoir la conseiller davantage pour l'analyse de la canne, d'autant plus que, jusqu'ici, la division de la matière première laisse à désirer.

9° *et* 10° *Diffusion aqueuse à froid* (Pellet) *et digestion aqueuse à froid* (modification Kaiser-Leuwenberg).

Jusqu'ici, malheureusement, nous ne pouvons donner aucun résultat sur l'application des procédés d'analyse à froid aussi instantanés que peuvent le permettre les manipulations, car *la pulpe de cannes,* aussi fine qu'on puisse la préparer à l'aide des instruments actuels connus, *n'est pas analysable à froid.*

Néanmoins, il faut espérer qu'on ne tardera pas à avoir des appareils capables de réduire la cossette ou la rondelle de cannes en une bouillie analysable à froid et sans que cela occasionne trop de diffi-

culté, avec un rendement pratique sans dessiccation sensible de la masse triturée.

Car, une fois en possession de cette bouillie ou crème de cossettes de cannes, on peut appliquer immédiatement tous nos procédés d'extraction ou de diffusion aqueuse à froid indiqués pour la betterave.

Il va sans dire que nous avons déjà essayé bien des appareils, tels que râpe cylindrique à taille Keil, hache-viande de divers modèles, aucun n'a donné de bons résultats.

II. — Action des réducteurs sur la lumière polarisée dans l'analyse directe de la canne.

Il faut bien se rappeler, en outre, que le réducteur contenu dans la canne agit en général sur la lumière polarisée, mais que cette action devient presque nulle, ou nulle, s'il y a eu addition de sous-acétate de plomb en quantité sensible en excès.

Pour la pratique, on a donc ainsi le dosage direct sensiblement exact du sucre cristallisable. Mais si la proportion de réducteur augmente à 1 et 2 p. 100 du poids de la canne, la polarisation directe n'est plus exacte.

On doit alors opérer au moyen de l'*acétate de plomb neutre neutralisé par l'acide acétique* pour remplacer le sous-acétate de plomb et procéder à l'inversion Clerget.

Mais cela devient très difficile dans les liquides étendus provenant de l'extraction ou de la digestion de la canne.

On doit alors opérer sur le jus afin de déterminer l'influence du réducteur sur la polarisation et en tenir compte dans le dosage direct.

III. — Résumé. Procédé à employer pour le dosage direct du sucre dans la canne.

De tout ce qui précède, il s'ensuit qu'il faut rejeter l'alcool, parce qu'au point de vue pratique, l'extraction alcoolique exige trop de temps et de soin. Il faut opérer par digestion aqueuse à chaud ou par épuisements successifs.

La canne étant divisée pour obtenir un échantillon moyen et non desséché, on dose le sucre par la méthode de digestion aqueuse à chaud, qui est absolument semblable à celle employée pour la betterave.

On pèse donc 1, 2 ou 3 fois le poids normal dans des ballons de 100, 200 ou 300 centimètres cubes, on y ajoute la valeur de 10 centimètres de sous-acétate de plomb ordinaire du poids de la canne pesée, on ajoute de l'eau jusqu'au trait. Pour éviter que la pulpe ne remonte dans le col par l'air dilaté, mettre un disque de plomb perforé suspendu par un liège, disque ayant à peu près la largeur du col des ballons et 1 à 2 millimètres d'épaisseur.

Chauffer au bain-marie bouillant une heure et agiter de temps en temps. Laisser refroidir, compléter en lavant le disque, agiter, filtrer et polariser, multiplier le résultat par le volume du ballon diminué d'autant de dixièmes de centimètre cube qu'on a pesé de grammes de cossettes et diviser le tout par 100.

Exemple : On a pesé 16.20 dans 100 centimètres cubes, si on trouve 15° de sucre, le résultat devra être multiplié par $\frac{100 - 1.6}{100}$ ou $0.984 = 14.76$.

Si on a pesé 26.048, ce sera $\frac{100 - 2.6}{100}$ ou 0.974.

Si on a pesé 26.048 dans 200 centimètres cubes, le résultat devra être multiplié par $\frac{200 - 2.6}{200} = 0.987$.

Pour un dosage très exact d'un échantillon, rappelons qu'il est indispensable de faire 2 ou 3 essais et de prendre la moyenne.

M. le Dr Krüger a également essayé l'addition de la chaux à la cossette de cannes pour l'analyse par digestion aqueuse à chaud et dans les autres procédés.

Il a employé la valeur de 5 à 10 centimètres cubes de lait de chaux par essai, lait de chaux fait avec 20 gr. de chaux pure et avec 800 centimètres cubes d'eau.

En général, les essais exécutés avec la chaux ont donné un résultat légèrement supérieur à celui fourni par l'analyse sans chaux.

Ce résultat, d'après nous, tient uniquement à la destruction d'une

grande partie du glucose (qui diminue en effet de 40 à 50 p. 100), ce qui réduit l'action sur la lumière polarisée et probablement parce que cet alcali réagit d'abord sur le lévulose.

Tableau LXVI.

EXTRACTION			
sans chaux.		avec chaux.	
Sucre.	Glucose.	Sucre.	Glucose.
—	—	—	—
15.00	0.590	»	»
»	»	15.10	0.333
14.85	0.792	15.10	0.319
14.93	0.691	15.10	0.326

Lorsqu'on opère par digestion, les différences peuvent être plus sensibles si la proportion de glucose détruite est plus notable.

	Sans chaux.		Avec chaux.	
	Sucre.	Glucose.	Sucre.	Glucose.
	—	—	—	—
Moyennes.	14.97	0.611	15.33	0.226

Dosage par épuisements successifs.

On pèse 48.6 ou 52.048 de cannes, on met 150 à 200 centimètres cubes d'eau, on y ajoute une trace de sous-acétate de plomb, on fait bouillir 10 minutes et on décante dans un ballon de 1 litre contenant 4 à 5 centimètres cubes de sous-acétate de plomb. On ajoute encore 150 à 200 centimètres cubes d'eau, ébullition 10 à 15 minutes, et ainsi de suite jusqu'à ce que le litre soit complet, c'est-à-dire après avoir fait 6 extractions.

Lorsque l'opération est terminée, on refroidit le litre et on complète à 1 000 centimètres cubes, on polarise au tube de 400 et on calcule le sucre d'après un coefficient calculé à l'avance.

Soit 52.096 dans 1 litre, tube de 400 :

1° Le résultat doit être multiplié par 5 ;

2° — — divisé par 2.

En résumé, les divisions trouvées au saccharimètre doivent être

multipliées par 2.5 pour avoir le résultat p. 100, ou bien on emploie l'appareil Zamaron, que nous avons décrit, permettant d'opérer sur 100 gr. de matière.

IV. — Des appareils servant à la préparation de l'échantillon moyen de cannes destiné au dosage direct du sucre.

Nous supposons deux cas : le 1er, travail par les moulins ; 2e cas, par la diffusion.

Dans le premier cas, lorsqu'on ne possède que les moulins, on doit analyser des échantillons de cannes entières prélevées plus ou moins fréquemment et en nombre plus ou moins élevé durant le travail, s'il s'agit du contrôle. On se trouve dans les mêmes conditions si on doit procéder à des analyses de cannes composant l'échantillon d'un champ ou d'une fourniture quelconque.

Le nombre de cannes, dans les deux cas, est toujours forcément considérable si l'on veut avoir une analyse, sinon absolument exacte, du moins se rapprochant de la vérité. On peut donc avoir 20, 30, 40 ou 100 cannes à analyser et ce répété 2, 3, 10 ou 50 fois dans une journée.

Or, il n'y a pas d'autre moyen que de passer tous ces échantillons à un coupe-cannes de laboratoire, coupant plusieurs cannes à la fois et possédant plusieurs couteaux pour que l'opération ne dure pas trop longtemps.

Nous avons vu que M. Wiley, dès 1884, employait le coupe-cannes pour réduire en rondelles 25 à 50 kilogr. de cannes assez rapidement; qu'à Java, on avait le coupe-cannes à 5 couteaux, réduisant plusieurs kilogrammes de cannes en rondelles en 10 minutes. On peut avoir des coupe-cannes de divers modèles, soit disposés absolument comme ceux d'une sucrerie ayant la diffusion, mais d'un plus petit diamètre et à plateau horizontal, soit un coupe-cannes genre *hache-paille,* d'un débit déjà assez considérable, à plateau vertical.

L'appareil de MM. Gallois et Dupont, spécialement construit à cet effet, permet de réduire en cossettes un certain poids de cannes en le manœuvrant à la main. Mû par courroie, il pourrait débiter da-



vantage, mais il faudrait un modèle plus grand, plus fort, pour obtenir un échantillon moyen de 15 à 20 cannes en un temps relativement court. Car ce coupe-cannes ne peut agir que sur une seule canne à la fois. Naturellement, l'installation doit être complétée par une disposition spéciale en vue de recevoir la cossette en un réservoir fermé.

Une fois la cossette produite, il s'agit d'opérer un mélange pour ainsi dire parfait, sur lequel on prélève 1 kilogr. de cossettes qu'on suppose représenter la moyenne. Ces cossettes, si elles sont trop grossières, peuvent être divisées encore rapidement au mortier, le tout mélangé, et, sur ce dernier mélange, prendre les poids de matière nécessaire pour l'analyse.

Quel que soit le soin apporté dans la préparation de cet échantillon définitif, on ne peut assurer qu'il représente bien exactement la moyenne. Et, d'autre part, si on analyse 2, 3 ou 4 fois le même échantillon, on trouve trois résultats différents. Les différences extrêmes sont faibles parfois, ou quelquefois assez fortes. Cela dépend précisément du degré de division de la masse.

Si on a en résumé de la cossette grossièrement divisée, il est évident qu'en pesant 16.20 ou moins de 50 gr. environ de matière, l'homogénéité de la masse n'est pas suffisante pour qu'il n'y ait pas d'écart entre les 2 ou 3 résultats.

Si, au contraire, on s'est donné la peine de passer les cossettes déjà divisées au mortier, ou au hachoir, de couper aux ciseaux les fibres trop longues, en un mot d'avoir une matière analogue à de la grosse pulpe de betterave hachée, alors les résultats pourront être peu éloignés les uns des autres; mais il y a une chose à craindre, c'est que toutes ces manipulations exigeant beaucoup de temps et se faisant souvent par une température assez élevée, il ne se produise (et elle se produit) une évaporation très sensible pouvant être de 2 et 3 p. 100, ce qui de suite peut amener un écart de 0.25 à 0.50 sur le résultat de l'analyse directe.

Lorsque l'usine possède la diffusion, pour le contrôle on peut évidemment préparer de suite un échantillon moyen avec les rondelles ou cossettes prélevées au diffuseur et prendre les dispositions en conséquence pour éviter la dessiccation, etc.

Mais, même dans ces usines, on a intérêt parfois à analyser des échantillons de cannes avant leur passage au coupe-cannes, analyse de cannes venues par barques, wagons, etc., ou prélevées sur des charges.

On se trouve donc dans le cas de l'usine travaillant par les moulins.

Par conséquent, on doit utiliser soit le coupe-cannes industriel, soit celui de laboratoire, suivant l'importance des échantillons.

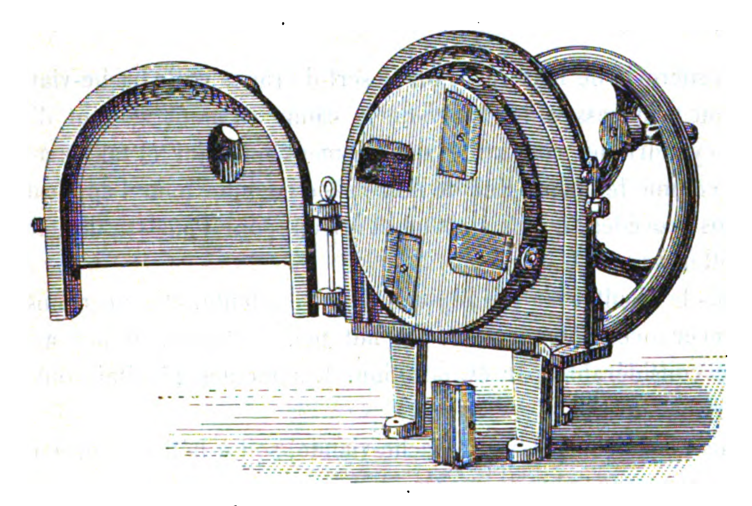


Fig. 6. — Coupe-cannes Gallois et Dupont.

Il y a bien un appareil qui est quelquefois employé dans certains laboratoires de sucrerie de cannes.

C'est un appareil analogue à celui qu'utilisent les marchands de comestibles pour débiter le saucisson en tranches minces régulières et suivant une inclinaison déterminée. Il y a de ces machines divers modèles, marchant à la main généralement (qu'on peut faire transformer pour marcher mécaniquement), mais encore on ne peut opérer que sur une canne à la fois.

Comme chaque tranche représente une rondelle de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, si on a une canne de 1^{m},20 à 1^{m},50, cela représente 400 à 800 coupes par canne, et si on doit passer 20 cannes, on voit que l'on peut avoir 15 000 à 20 000 coupes à exécuter par

échantillon. A raison de 200 à 250 coupes par minute, cela représente une heure et demie à deux heures pour confectionner un seul échantillon.

Et ensuite, cela n'empêche pas la préparation de l'échantillon définitif après le mélange de toute la cossette produite, pour avoir la masse plus divisée sur laquelle on prélèvera les poids de pulpe à peser.

Appareils divers.

En sucrerie de betteraves on se sert de râpes et de hache-viande.

Nous avons essayé le râpage de la canne en nous servant d'une râpe cylindrique, construite spécialement en acier et taillée à peu près comme le disque Keil de notre râpe conique pour l'application de nos procédés aqueux à chaud et à froid pour l'analyse directe de la betterave.

Mais le résultat n'a pas répondu à notre attente, et nous avons dû renoncer à cette application. On fait peu de travail et il y a une perte considérable par évaporation. Les mêmes résultats ont été observés à Java.

Puis nous avons essayé le hache-viande, soit à hélice, soit à couteaux, mais sans plus de succès.

Avions-nous des outils défectueux? Nous ne le pensons pas. C'est pourquoi nous avons été très surpris de lire, dans un article de M. H. Pohlmam, publié par le *Centralblatt für die Zuckerindustrie* de Welt, du 9 janvier 1897, et traduit par notre collègue B. Mittelmann (*Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie* de mars 1897), l'application du *hache-viande* pour produire de la CRÈME *de bagasse*.

Nous avons aussi essayé l'application du hache-viande à la division de la bagasse de diffusion ou de moulin sans aucun succès. La matière est trop fibreuse d'abord et pas assez résistante, par suite de la longueur des fibres, pour être divisée par un semblable appareil.

Aussi, avons-nous demandé des explications à cet égard, car si véritablement on peut obtenir de la *crème de bagasse*, il n'y aura aucune difficulté pour obtenir la *crème de cannes* et alors l'*analyse directe de la canne* sera bien simplifiée, puisque cette crème, nous

n'en doutons pas, pourra être analysée probablement à froid, ou alors par une digestion très rapide au bain-marie.

Enfin la préparation de la crème aura en outre pour résultat la confection d'un échantillon moyen irréprochable.

Nous attendons les renseignements demandés, nous donnant la description de ce hache-viande, sa force, etc., et les résultats obtenus.

Dans tous les cas on peut réduire la quantité de masse à couper et le temps nécessaire à la coupe totale, en divisant d'abord toutes les cannes en deux parties suivant la longueur.

Cela est facile : on divise d'abord la canne en 2, 3 ou 4 tronçons suivant la hauteur, puis chaque tronçon est coupé suivant la longueur et par le centre; on met de côté seulement un demi de chaque tronçon, pour le passage au coupe-cannes.

On peut donc rassembler deux demi-cannes pour en former une qu'on passe au coupe-cannes à orifice unique.

Cette division en deux parties n'a pas grand avantage si on possède un coupe-cannes, pouvant réduire en cossettes 20, 30 ou 50 kilogr. de cannes en quelques instants.

Nous avons fait des essais démontrant que la richesse obtenue de chaque moitié d'un certain nombre de cannes était sensiblement égale.

V. — Le dosage direct du sucre dans la canne n'est pas à conseiller pour le contrôle journalier de la fabrication.

On voit d'après ce qui précède combien il faut prendre de précaution, pour obtenir un échantillon moyen de la canne d'abord, et ensuite les difficultés à vaincre pour éviter l'évaporation de la masse durant la préparation. Comme, d'autre part, les appareils diviseurs connus jusqu'ici ne permettent pas l'analyse de la pulpe à froid aussi rapide que pour la betterave, et enfin la différence considérable de richesse existant entre la canne la plus riche (partie inférieure), et la canne la moins riche (partie supérieure), il s'ensuit que dans les fabriques où l'on travaille par les moulins on ne peut pas espérer avoir un échantillon de cannes moyen représentant véritablement la richesse exacte des cannes travaillées. C'est aussi l'avis de quelques

chimistes qui ont beaucoup travaillé la question du contrôle chimique des sucreries de cannes, notamment de L. Biard, qui a publié de remarquables mémoires à ce sujet.

D'autres, au contraire, pensent que l'analyse directe est préférable; nous donnerons plus loin notre manière de voir et nos conclusions basées sur la pratique.

Si on travaille par la diffusion, la difficulté est déjà moins grande, et en répétant des essais sur des échantillons exécutés après chaque heure sur une moyenne de cossettes fraîches prélevées sur chaque diffuseur comme en sucrerie de betteraves, on parvient à avoir des résultats beaucoup plus sérieux comme nous le verrons.

Mais il y a encore une autre question qui est très importante. C'est de savoir la quantité de *sucre total,* entré à la diffusion ou par les moulins, rapportée au poids de la canne pesée.

En France, par exemple, la betterave achetée avec tare est mise dans les lavoirs et propre elle est pesée. Donc, à la diffusion il entre bien de suite 100 kilogr. de betteraves, dont l'échantillon bien prélévé donne la quantité de sucre total mis dans les diffuseurs.

Mais en sucrerie de cannes, on ne lave rien. La canne est pesée et envoyée au travail par les moulins ou par la diffusion. Les wagons, les voitures, les charges quelconques de cannes une fois pesées n'entrent pas de suite dans l'usine. On pèse à l'avance pour la nuit. Malgré toutes les précautions prises pour le nettoyage de la canne, il arrive des débris de feuilles, de la terre, des bouts blancs, etc.

De telle sorte que si on repassait la canne à l'état de cossettes avant l'entrée aux diffuseurs ou à l'état de cannes avant le passage au moulin, il y aurait une perte sensible sans compter la canne mangée, la canne écrasée plus ou moins dans les entraîneurs, etc., et ayant perdu une grande partie de son jus.

Enfin, la canne ayant séjourné à l'air plus ou moins longtemps perd une partie de son poids, surtout sous l'action du vent et du soleil.

On a parfois constaté que tout cela représentait 2.5 à 3 p. 100, et dans d'autres cas seulement, 1 à 1.5, ce qui est toujours très sensible à la fin de la campagne et influence le rendement, rapporté à 100 kilogr. de cannes pesées. Évidemment, la perte en poids correspond à une augmentation de richesse qu'on applique à un

poids trop fort de matière première, mais la canne mangée, écrasée, les pertes en terre et en feuilles, etc., constituent une perte réelle calculée en cannes.

Si donc l'analyse directe de la canne au moment où on la travaille par la diffusion, peut donner un renseignement, ce n'est pas suffisant pour le contrôle définitif, et il faut alors procéder à une série de déterminations pour obtenir ce qui est le plus important, l'analyse de la canne rapportée à *100 kilogr. de cannes pesées.*

Nous arrivons donc à faire un contrôle rapide de la qualité de la canne par la méthode indirecte, suffisamment exact pour la pratique courante et vérifié ou modifié, chaque semaine, par le calcul de la richesse exacte de la canne pesée au moyen de la détermination totale du sucre contenu dans le jus et dans les résidus.

C'est ce que nous étudierons dans un chapitre spécial.

Mais avant, il est indispensable de montrer la variation de la richesse de la canne, la variation de la composition du jus suivant la pression, etc., ce que nous ferons dans la 5e partie.

Du reste, on peut encore comprendre la difficulté de l'analyse directe par la variation de la richesse du jus des moulins.

Si l'on prend des échantillons avant le moulin, c'est encore la même chose : on constate à chaque instant des variations de richesse de la canne. Dans la même journée, on peut trouver des cannes ayant 15 p. 100 de sucre, une pureté de 88 à 89, 1 à 2 de glucose p. 100 de sucre et ensuite un échantillon n'ayant que 9 à 10 p. 100 de sucre, 77 à 80 de pureté, et 8 à 12 de glucose p. 100 de sucre.

Il s'ensuit que, si l'on veut connaître la moyenne de la canne travaillée, il faut prendre régulièrement des échantillons, et beaucoup de fois durant chaque poste. Les échantillons doivent comporter au moins 20 cannes tout venant et, d'après nos essais, pour suivre exactement la qualité de la canne, il faudrait au moins 4 analyses par heure.

Ce qui n'est pas possible avec les instruments que l'on possède actuellement pour diviser la canne et opérer par analyse directe sur un échantillon *n'ayant pas perdu de poids* depuis le moment où on découpe les cannes en cossettes jusqu'au moment où on pèse la pulpe pour l'analyse; tandis que l'analyse indirecte peut permettre

de suivre ce nombre d'analyses. Lorsqu'on a la diffusion, alors c'est encore plus simple. On prélève à chaque diffuseur un échantillon de 4 à 5 kilogr. de cossettes placées dans des vases ou paniers ou couffins se fermant à peu près.

Après une heure, on mélange tous les échantillons mis de côté et on prépare un échantillon de jus moyen, etc., on n'a donc qu'une analyse par heure et même en conservant le jus on n'a qu'une analyse de 12 heures; nous y reviendrons.

Pour les analyses de cannes entières destinées à faire connaître la richesse moyenne, il suffit de mettre également du jus de chaque essai de côté pour n'avoir qu'une analyse par 12 heures.

Enfin, on peut prélever chaque 5 minutes un volume égal du jus des moulins pour obtenir une moyenne par 12 heures, en conservant les jus au moyen du bichlorure de mercure; nous en reparlerons.

Mais alors se pose une question : Comment passera-t-on de la richesse du jus à la richesse de la canne ?

C'est ce que nous examinerons dans le chapitre n° 6.

VI. — De l'analyse indirecte.

La détermination de la richesse en sucre de la *canne travaillée* nous paraît jusqu'ici devoir être établie indirectement.

C'est-à-dire en connaissant le volume et la richesse du jus extrait et la perte en sucre dans les cossettes (si on procède à l'extraction du jus par la diffusion), ou dans la bagasse, si on extrait le jus à l'aide des moulins avec plus ou moins de repressions, avec ou sans eau, à froid ou à chaud.

Il est évident qu'on doit connaître le poids de la bagasse produite, celui de la cossette est très facile à calculer.

Quant à l'échantillonnage de la bagasse pour le dosage du sucre perdu, il y a encore là quelques difficultés, et nous conseillons de faire des échantillons moyens à plusieurs reprises dans la journée et l'analyse du résidu par l'extraction aqueuse à chaud et directe au moyen de l'appareil Zamaron, en opérant sur 100 gr. de matière.

Au besoin, dans le liquide neutraliser à peu près exactement l'aci-

dité de la bagasse par une trace de chaux, ou mettre du sous-acétate de plomb.

Pour le mesurage des volumes de jus, les appareils utilisés en sucrerie de betteraves conviennent parfaitement, ainsi que tous les appareils de contrôle.

Quant à l'échantillonnage moyen du jus, c'est encore ce qui se

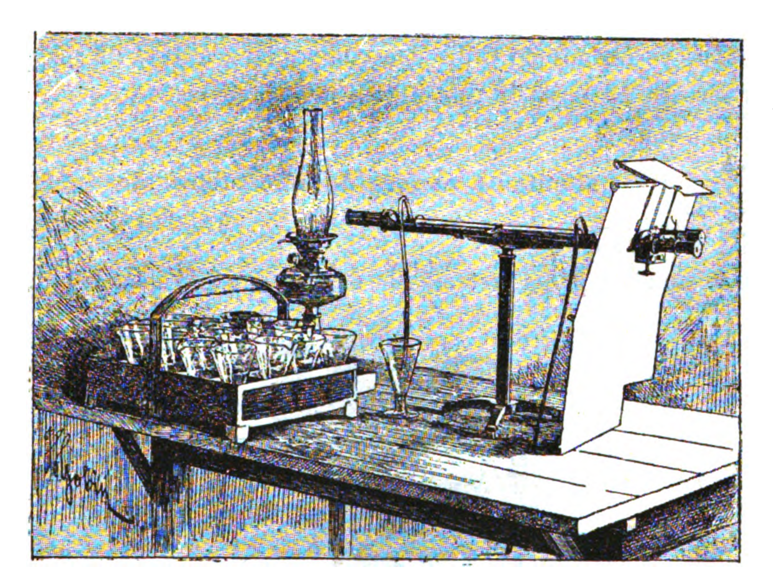


FIG. 7. — Tube continu de Pellet et panier à cases pour l'examen polarimétrique rapide des liquides sucrés.

fait en sucrerie de betteraves, et ce qui est le plus pratique pour la sucrerie de cannes.

Pour le jus on prélève 5 ou 10 centimètres cubes à chaque mesureur, ou à chaque chaudière à éliminer ou à déféquer. Le volume extrait est mis dans un flacon avec $0^{gr},1$ de bichlorure de mercure (solide).

Dans un autre flacon, pour vérifier le sucre au moins, on met 50 centimètres cubes de sous-acétate neutre de plomb. A chaque addition de jus on a soin d'agiter parfaitement.

Après 12 heures, on analyse chaque jus. Pour celui avec l'acétate de plomb, on note le volume total pour tenir compte du volume du sel plombique ajouté dans le calcul de la richesse.

Le résultat est parfaitement moyen et proportionnel et les résultats, sauf de rares exceptions, sont parfaitement d'accord dans la limite des erreurs possibles en pratique.

Pour l'analyse rapide de tous les échantillons de jus de cannes, liquides sucrés, il est indispensable d'avoir une installation spéciale avec notre *tube continu,* qui permet de polariser exactement 5, 6 ou 10 fois à la minute. Toutes les liqueurs à examiner sont placées dans des verres mis par ordre dans un panier à cases. On procède par série de 12 ou de 16 échantillons (*fig.* 7).

Moulins à cannes de laboratoire.

Il y a divers modèles.

On connaît depuis longtemps le moulin employé dans la plupart

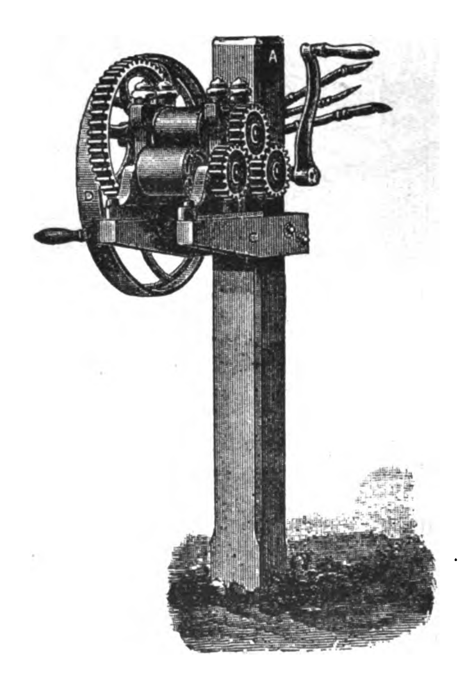


Fig. 8. — Moulin à cannes de laboratoire.

des laboratoires des fabriques de sucre de cannes et dont nous donnons la figure ci-dessus.

Puis on a également utilisé des moulins analogues aux cylindres à laminer, en rayant les cylindres seulement pour la facilité du passage des cannes (*fig. 9*).

Enfin, ayant le coupe-cannes Gallois et Dupont ou des cossettes préparées pour obtenir du jus, on peut utiliser les presses ordinaires employées en sucrerie de betteraves.

Seulement les presses simples et de petite dimension ne peuvent

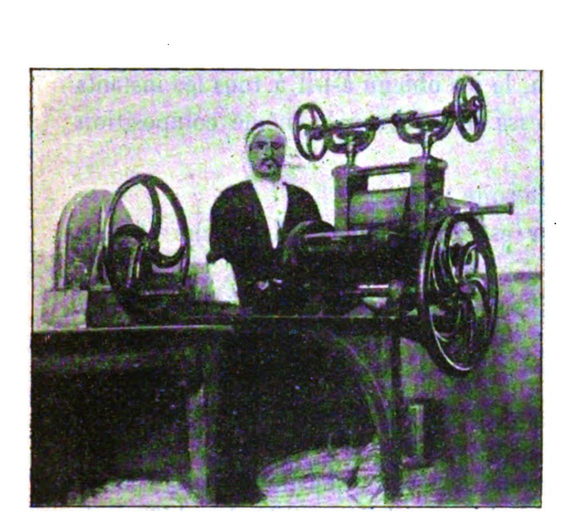


Fig. 9.

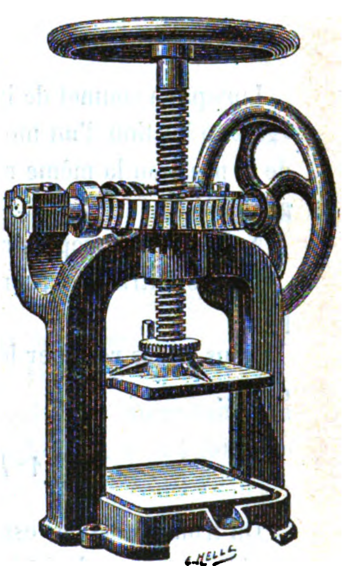


Fig. 10.

servir. Il faut avoir la presse à double vis de Gallois et Dupont, appareil très résistant, et qui permet d'obtenir 1 à 2 kilogr. de cossettes, presque autant de jus que par les moulins (*fig. 10*).

Enfin il y a les presses dites stérhydrauliques, qui sont disposées pour obtenir de très fortes pressions.

Naturellement, quels que soient le moulin et la presse employés, le rendement en jus sera d'autant plus fort que la cossette sera divisée plus finement.

CINQUIÈME PARTIE

COMPOSITION DU JUS DE LA CANNE SUIVANT LE DEGRÉ DE PRESSION EXERCÉE

Lorsqu'on soumet de la canne entière ou coupée en deux parties égales à l'action d'un moulin, le jus obtenu a-t-il à tous les instants de la pression la même richesse en sucre ou la même composition générale ?

Nous pouvons répondre de suite : Non.

Le jus extrait le premier est généralement plus riche et plus pur.

Nous allons résumer les essais nombreux qui ont été faits à cet égard.

1° *Résultats du Dr Icery.*

On trouve déjà des essais relatifs à cette question dans la remarquable brochure du Dr Icery qui donne, à la page 29, les chiffres ci-après :

Tableau LXVII.

	SUCRE par litre de vesou.	
	a.	*b.*
1re pression.	21.4	21.3
2e — .	20.45	20.1

2° *Résultats de M. P. Bonâme.*

M. P. Bonâme a donné de nombreux exemples (page 247 de son ouvrage sur la culture de la canne à sucre).

Tableau LXVIII.

	VESOU extrait de 100 kilogr. de cannes. a.	SUCRE p. 100 cc. de jus. b.	GLUCOSE p. 100 cc. de jus. c.	MATIÈRES organiques p. 100 gr. de sucre. d.
	—	—	—	—
1re pression .	»	17.01	1.36	3.7
2e — .	»	16.75	1.36	6.1
1re — .	62.40	18.60	0.63	1.2
2e — .	9.10	17.98	0.62	2.7
1re — .	55.00	19.00	»	3.1
2e — .	18.00	18.50	»	4.3
3e — .	6.00	17.90	»	5.2
1re — .	28.00	15.06	1.46	»
2e — .	26.00	14.90	1.44	»
3e — .	10.00	14.90	1.44	»
4e — .	3.00	14.48	1.44	»

3° *Résultats du Dr Krüger.*

Le Dr W. Krüger a publié un mémoire très complet sur cette question dans le livre n° 2 du compte rendu des essais de la station de West-Java (Kagok-Tegal, Java) publié en 1896.

Extrayons deux ou trois de ces essais qui sont intéressants au point de vue scientifique, mais ne correspondent pas tout à fait à ce qu'on a besoin de connaître en pratique, où l'on procède à l'extraction du jus des cannes en extrayant d'abord la plus grande proportion de jus comme 1re pression et une faible quantité comme 2e.

Tableau LXIX.

	JUS obtenu de 1 kilogr. de cossettes de cannes.	PROPORTION de jus extrait p. 100 gr. de cannes.	SUCRE p. 100 gr. de jus.	PURETÉ.	CENDRES.
	—	—	—	—	—
1°	200	21.81	19.90	92.26	0.339
	400	43.57	19.50	92.55	0.333
2°	100	10.99	21.00	89.36	0.470
	350	38.42	20.75	89.65	0.450
	600	65.73	19.41	88.23	0.580
3°	100	10.62	12.53	81.90	0.300
	200	21.24	12.56	82.60	0.290
	300	31.85	12.50	83.30	0.280
	400	42.46	12.42	82.80	0.270
	500	53.06	12.15	82.70	0.250
	600	63.62	11.59	84.00	0.230
	700	74.00	11.03	82.30	0.260

4° *Résultats de L. Biard.*

Dans le *Bulletin n° 1 de l'Association des chimistes* (juillet 1888), M. L. Biard a publié un article très intéressant sur l'influence de la pression sur la composition du vesou.

Tableau LXX. — Composition moyenne des deux jus obtenus en fabrique.

	NOMBRE d'analyses.	DENSITÉ à 15°.	SUCRE p. 100 cc.	GLUCOSE p. 100 cc.	PURETÉ.	GLUCOSE p. 100 gr. de sucre.
	—	—	—	—	—	—
Jus de 1re pression.	103	1 071.4	16.45	0.73	88.8	4.44
— 2e —	103	1 070.6	15.60	0.70	84.8	4.49

L. Biard a examiné le jus de 3e et de 4e pression et a constaté que la densité et la richesse en sucre diminuaient avec le nombre de pressions.

C'est pourquoi, ce chimiste avait conclu, comme d'autres collègues du reste, que la richesse de la canne calculée d'après l'analyse du jus extrait par pression et la quantité de marc dosée est toujours exagérée, le jus restant dans la bagasse étant moins riche que celui extrait.

Voir également les essais de L. Biard sur la même question (*Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie,* numéro de juin 1891) et d'après lesquels le jus de 2e pression a été en moyenne de 1 p. 100 moins riche en sucre que le vesou de 1re pression et cela pour quatre campagnes entières sensiblement.

Cette différence de richesse influe sur celle du jus moyen d'environ 0.25 p. 100, par suite de la proportion des deux sortes de jus mélangés.

5° *Résultats de H. Pellet.*

Nous avons trouvé de notre côté :

Tableau LXXI.

	Densité.	Sucre p. 100 c c.	Glucose p. 100 c c.	Glucose p. 100 gr. de sucre.	Pureté.	Cendres.	Quotient salin.
	—	—	—	—	—	—	—
Jus de 1re pression.	1 074.5	17.32	0.36	2.10	89.2	0.54	32.0
Jus de 2e — .	1 070.0	15.87	0.35	2.30	87.2	0.75	21.2
Jus de repression après imbibition .	1 016.0	3.56	0.12	3.30	85.5	0.20	20.8

Tableau LXXII.

	Densité.	Sucre p. 100 c c. de jus.	Glucose p. 100 c c. de jus.	Glucose p. 100 gr. de sucre.	Pureté.
	—	—	—	—	—
Jus de 1re pression.	1 061.7	13.7	1.28	9.33	85.3
— 2e —	1 060.0	13.3	1.35	10.60	83.2

Tableau LXXIII. — Cannes coupées depuis plusieurs jours et altérées.

	Densité.	Sucre p. 100 gr. de jus.	Glucose p. 100 cc. de jus.	Glucose p. 100 gr. de sucre.	Pureté.
	—	—	—	—	—
Jus de 1re pression.	1 068	13.39	2.07	15.46	74.6
— 2e —	1 069	13.21	2.25	17.03	72.7

Nous avons eu encore les résultats ci-après :

Tableau LXXIV.

		Densité.	Sucre p. 100 cc. de jus.	Glucose p. 100 gr. de sucre.	Pureté du jus.
		—	—	—	—
1.	1re pression .	1 066.7	14.39	5.49	81.65
	2e — .	1 065.8	13.83	5.93	79.55
	3e — [1].	»	»	»	»
2.	1re — .	1 066.0	13.92	9.19	80.10
	2e — .	1 066.0	13.78	9.29	79.30
	3e — .	1 065.5	13.60	8.97	78.50

1. Pas de jus obtenu.

6° *Essais de M. Drœshout.*

M. P. Drœshout a donné quelques résultats d'analyses sur les jus de diverses pressions de la canne à Cuba et a obtenu les chiffres ci-après, en opérant sur des produits industriels. (*Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie*, numéro de janvier 1895.)

Tableau LXXV.

	SUCRE p. 100 gr. de jus.	SUCRES ré-ducteurs.	NON-SUCRE.	CENDRES.	PURETÉ.	VALEUR propor-tionnelle.
	—	—	—	—	—	—
1re pression.	18.58	1.10	2.42	0.225	84.30	14.50
2e —	16.90	1.10	2.90	0.234	81.70	12.70
3e —	10.50	1.85	4.50	0.345	70.00	7.35

SIXIÈME PARTIE

I. — Quel est le coefficient à appliquer pour passer de la richesse du jus de la canne pressée à la richesse de la canne : 1° analysée; 2° travaillée?

Il faut considérer deux cas :

Premier cas. — Étant donné un échantillon de cannes et le jus obtenu, calculer la richesse de la canne pour 100 kilogr., connaissant l'analyse du jus.

Deuxième cas. — Connaissant la richesse en sucre d'un jus fourni par un grand nombre d'échantillons moyens journaliers, calculer la richesse de la canne pesée à l'entrée à la fabrique.

Ce sont deux questions bien distinctes.

Examinons la première question.

Résultats de MM. L. Biard, E Giesbers, H. Pellet et divers.

On sait, d'après ce que nous avons dit sur la qualité du jus obtenu par pression, que le jus de 1re pression est toujours sensiblement plus riche et plus pur que le jus de 2e pression et ainsi de suite.

Par conséquent, le jus extrait par pression ne représente pas la moyenne du jus de la canne.

Si donc on a dosé le ligneux, soit 10 p. 100, les 90 gr. de jus contenus dans la canne ne sont pas de même richesse que les 60.55 ou 68 p. 100 de jus extraits par la pression.

Il en résulte que si on multiplie la richesse pour 100 gr. du jus recueilli par la quantité de jus déduite du dosage du ligneux, on obtient une richesse de la canne trop élevée.

C'est un fait bien établi par un grand nombre de nos collègues: L. Biard, Giesbers, etc.

Aussi, les uns ont-ils proposé un coefficient différent de celui proposé par d'autres.

M. L. Biard a proposé celui de 86 pour passer de la richesse pour 100 gr. de jus à celui de la canne, bien que, par le dosage du ligneux, on trouve 90 de jus (n° 8, 15 mars 1889) et il a établi qu'avec les coefficients 88 ou 89 et à plus forte raison 90 on *calculait une richesse exagérée de la canne.*

M. E. Giesbers propose d'adopter le coefficient 87.5 au lieu de 90, lorsqu'il y a en moyenne 90 de jus. Il a trouvé par expérience que, suivant le cas, il fallait adopter de 86 à 89 et c'est pourquoi il propose la moyenne. (*Bulletin de l'Association des chimistes,* 4 octobre 1893, p. 287.)

De notre côté nous avons fait également un certain nombre de dosages directs de cannes comparés aux dosages du sucre dans le jus obtenu par double pression, et pour des cannes ayant aussi de 9.5 à 10.5 p. 100 de ligneux.

Voici, par exemple, les détails d'une opération :

D'abord nous avons voulu vérifier si les cannes coupées en deux parties égales suivant la longueur, l'une pressée à l'état de canne,



l'autre partie découpée en rondelles et pressées, fournissaient toutes deux un jus analogue.

Nous avons déjà dit qu'à ce sujet nous n'avions aucun doute et que, pratiquement, les différences entre les deux moitiés étaient insignifiantes.

Dans le cas présent, ayant cherché à nous mettre dans les meilleures conditions pour séparer les cannes en deux parties, nous avons obtenu des résultats absolument concordants, vérifiant à la fois la même qualité du jus des deux moitiés et celle du jus des cannes entières ou découpées en cossettes avant d'être pressées.

Ceci a surtout un intérêt pour les usines qui se servent des coupe-cannes, soit pour l'extraction du jus à la diffusion, soit pour l'échantillonnage.

Nous avons eu (même moulin, même proportion de jus) :

Tableau LXXVI.

		DENSITÉ.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	SUCRE p. 100 gr. de sucre.	GLUCOSE p. 100 cc.	CENDRES p. 100 cc. de jus.
		—	—	—	—	—
Jus des moitiés de cannes	coupées en longueur. .	1 071	16.48	15.34	0.37	0.60
	découpées en cossettes.	1 071	16.48	15.34	0.36	0.70

On a vu qu'au laboratoire de West-Java (Tegal Kagok) on a obtenu des résultats analogues sur des cannes découpées en deux parties suivant la longueur.

On a ensuite prélevé sur les cossettes, bien mélangées avant d'en passer la plus grande partie au moulin, deux forts échantillons, de nouveau mélangés séparément, et fait sur chacun une analyse.

Tableau LXXVII.

		SUCRE p. 100 gr. direct.	MOYENNES.
		—	—
1er échantillon.	Analyse *a*. . . .	13.17	13.15
	— *b*. . . .	13.14	
2e échantillon.	Analyse *c*. . . .	13.39	13.22
	— *d*. . . .	13.06	
	Moyenne générale. . . .	13.19	
A ajouter : sucre restant encore dans la cossette épuisée (par l'alpha naphtol)		0.02	
		13.21	

D'où, coefficient calculé :

$$\frac{13.21 \text{ sucre p. 100 gr. de cossetttes}}{15.34 \text{ — — de jus.}} = 86.1$$

Nous avons fait d'autres essais en extrayant le jus de la canne par différentes pressions, puis imbibition, repression et analyse de la bagasse restante, en pesant, mesurant et analysant tout et en prenant naturellement toutes les précautions pour éviter les pertes et les altérations de jus.

Voici les détails qui peuvent intéresser nos collègues :

1° 2 cannes choisies pesant ensemble 2kg,335 ;

2° On a pressé une première fois, puis une deuxième ;

3° La bagasse restante a été imbibée d'eau par trempage dans un vase dont on a analysé le liquide ;

4° On a pressé la bagasse imbibée et enfin on a analysé la bagasse.

Tableau LXXVIII. — Analyse des produits.

	JUS			PETIT JUS
	de 1re pression.	de 2e pression.	de repression après imbibition.	(eau d'imbibition).
Densité	1 074.5	1 070	1 016	1 005
Volume	995	325	850	4.050
Sucre p. 100 centim. cubes	17.32	15.87	3.56	1.00
Sucre p. 100 gr	16.12	14.83	»	»
Glucose p. 100 cent. cubes	0.36	0.35	0.12	traces
Glucose p. 100 gr. de sucre	2.1	2.3	3.3	»
Pureté	89.2	87.2	85.5	77.5
Cendres p. 100 cent. cubes	0.54	0.75	0.20	0.08
Quotient salin	32	21.2	20.8	12.5

	1re ANALYSE.	2e ANALYSE.	MOYENNE.
Bagasse	3.3	3.4	3.45

Sucre retiré ou laissé.

Jus de 1re pression	172.3
— 2e —	51.7
— de repression	30.3
Petit jus	41.5
Bagasse	25.9
Sucre total	321.7

Soit pour 100 kilogrammes de cannes fraîches $\frac{321.7}{2335} = 13^{kg},77$ et $\frac{13.77}{16.12}$[1] $= 0,854$ comme coefficient.

Si on adopte la moyenne proportionnelle du jus des deux pressions qui est :

Densité.	1 073.4
Sucre p. 100 centimètres cubes.	16.96
Sucre p. 100 gr.	15.80
Pureté.	88.7

le coefficient calculé est de $\frac{13.77}{15.80} = 87.1$ au lieu de 90 p. 100 qu'on aurait dû adopter par le dosage du ligneux.

On voit donc qu'il n'est pas possible non plus de dire le coefficient exact à adopter, puisqu'on ne connaît pas le degré de pression exercé lors de chaque essai.

Ainsi, dans notre expérience, le jus de 1[re] pression représentait 46 p. 100, et le total du jus des deux pressions, plus de 60 p. 100. C'est ce que l'on peut obtenir couramment dans les laboratoires.

Mais, d'autre part, si on arrive à une telle proportion de jus lorsqu'on peut surveiller les préparations, on n'a pas la même certitude lorsqu'on a beaucoup d'essais à terminer en un jour et qu'on ne peut assister à toutes les opérations.

Il est certain qu'il y a une tendance générale à obtenir moins de jus de la canne pressée, donc un jus plus pur, ce qui diminue le coefficient à adopter. C'est ce qui doit expliquer les variations observées par différents chimistes.

Ces deux essais donneraient le coefficient *0.862*, se rapprochant beaucoup de celui de M. L. Biard qui a proposé 0.86.

Mais nous avons cherché à vérifier ce chiffre par un certain nombre de dosages directs et indirects.

Nous avons trouvé, comme M. E. Giesbers, que ce coefficient n'était pas constant et qu'il variait même considérablement.

1. Pour 100 gr. de jus de 1[re] pression.

Voici des moyennes de nombreux résultats par semaine :

Tableau LXXIX.

	SUCRE (dosage direct).	COEFFICIENT calculé.
1re semaine.	12.81	89
2e —	12.29	89.0
3e —	12.20	87.5
4e —	12.14	86.0
5e —	12.51	89.0
6e —	12.16	88.0
7e —	12.57	89.5
8e —	12.20	88
9e —	12.06	87.5
10e —	12.94	88.5
11e —	12.53	86
12e —	13.20	87
13e —	13.55	83
Moyennes. . .	12.55	87.4

chiffre qui se rapproche aussi de celui de M. E. Giesbers.

Les différences de 83 à 89 ne correspondent pas évidemment complètement à la variation de richesse du jus de pression par rapport à la richesse réelle de la canne. Il faut aussi en attribuer une part à la difficulté d'obtenir l'échantillon moyen de la canne devant être analysée directement.

Nous l'avons signalée et il faut peu de chose pour que l'analyse ne représente pas la moyenne exacte lorsque certaines parties de la canne contiennent 17 à 18 p. 100 de sucre et d'autres à côté 4 à 5 seulement.

Aussi, malgré les soins pris pour l'échantillonnage, arrive-t-on, dans chaque semaine, si on fait 14 essais directs (2 par jour, 1 par poste) sur un échantillon moyen de cossettes, à obtenir certains écarts avec l'analyse indirecte et calculant la richesse de la canne d'après le coefficient qui paraît le meilleur comme moyenne.

Pendant les 13 semaines correspondant aux tableaux ci-dessus on a eu parfois les écarts suivants.

Tableau LXXX.

ANALYSE directe.	Par COEFFICIENT 87.5	Par le COEFFICIENT sur l'analyse directe.
—	—	—
13.10	12.48	— 0.62
11.57	12.09	+ 0.52
11.96	12.36	+ 0.40
12.35	11.99	— 0.36
13.52	12.19	— 1.33
12.82	11.78	— 1.04
13.33	12.61	— 0.72
11.55	12.04	+ 0.49
11.31	11.85	+ 0.54
12.87	12.16	— 0.71
13.91	13.31	— 0.60
13.00	12.45	— 0.55
13.30	13.79	+ 0.49

Nous avons voulu étudier les variations du coefficient pour passer de la richesse du jus de cannes à celle de la canne elle-même en opérant comme on peut le faire dans un laboratoire de sucrerie, c'est-à-dire au point de vue pratique.

Pour cela, nous avons suivi durant une journée le travail d'une sucrerie et prélevé pendant chaque heure plusieurs échantillons de cannes divisées en cossettes. Après chaque heure, on préparait un échantillon moyen sur lequel on enlevait 2 à 3 kilogr. de cossettes, lesquelles étaient passées au moulin à deux pressions.

Sur le tas, quelques poignées de cossettes étaient mises à part, passées au mortier, et réduites en fibres plus ou moins grossières. Les trop longues étaient coupées aux ciseaux de façon, en un mot, à pouvoir faire un mélange aussi homogène que possible sur lequel on prélevait le poids nécessaire à l'analyse directe.

L'analyse directe était faite par épuisements successifs et dans les mêmes conditions, c'est-à-dire 6 épuisements avec 150 centimètres cubes à 175 centimètres cubes d'eau chaude chaque fois pour 50 gr. de cossettes ; durée de l'ébullition : de 10 à 12 minutes par addition d'eau.

Un dernier épuisement était mis à part, complété à 200° afin de voir s'il y avait encore du sucre en quantité sensible. La polarisation

faite sur un tube de 400 millimètres n'a fourni que des quantités très faibles, pouvant faire varier la richesse directe de 0.05 à 0.1 au plus.

Même résultat en opérant sur le liquide extrait de la pulpe épuisée par pression, seulement le liquide obtenu ainsi paraissait naturellement plus riche, puisqu'il n'était pas dilué dans 4 fois son poids d'eau.

C'est même le meilleur moyen de voir si une pulpe de cannes est bien épuisée.

Si on opère par extraction, on peut avoir un dernier liquide sans traces de sucre, parce que le véhicule suit un chemin toujours le même, mais si on soumet le résidu paraissant épuisé à une forte pression, on constate parfois encore la proportion de sucre de 0.2 à 0.5 par litre à l'aide de notre méthode micro-chromosaccharimétrique par le naphtol-alpha. S'il n'y a que 50 gr. de matière, cela correspond à 0.01 ou 0.025 ou 0.02 à 0.05 p. 100 de matière normale, quelquefois plus, suivant l'épuisement.

Voici le résultat de 12 essais de détermination du coefficient n° 2.

Tableau LXXXI.

	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100 cc. de jus.	SUCRE p. 100 gr. de jus.	ANALYSE directe.	COEFFICIENT n° 2 (analyse directe). Sucre p. 100 gr. de jus.
7 heures.	1 071	15.87	14.82	13.00	87.7
8 —	1 073	16.32	15.21	13.65	89.7
9 —	1 072.5	15.87	14.80	12.67	85.6
10 —	1 072	15.83	14.77	12.67	85.8
11 —	1 074	16.71	15.55	13.60	84.2
12 —	1 073	15.77	14.69	13.00	88.4
1 —	1 073	16.00	14.91	13.32	89.4
2 —	1 073	15.87	14.79	12.67	85.5
3 —	1 071	15.44	14.41	12.35	85.7
4 —	1 070	15.00	14.00	12.06	86.1
5 —	1 070	15.34	14.30	12.35	86.3
6 —	1 071.5	15.87	14.81	12.84	86.0
	1 072	15.82	14.75	12.84	86.7

Le ligneux était en moyenne de 9.8 p. 100.

La richesse par le ligneux aurait donc été de $\frac{14.75 \times 90.2}{100} = 13.30$, tandis que par l'analyse directe en moyenne on n'a eu que 12.84.

Contrôle de la moyenne. — Analyse de la moyenne du jus des cossettes mises à part à chaque heure :

Sucre p. 100 centimètres cubes de jus.	15.76
Sucre p. 100 gr. —	14.70

On voit que ce coefficient se rapproche de celui que nous avons obtenu par un essai spécial sur de la canne pressée, repressée, et avec imbibition d'eau, etc.

Mais il faut remarquer que si le coefficient 86.7 est possible, il y a eu des variations très grandes de 84.2 à 89.7. Cependant cela ne doit pas tenir aux cannes, puisque la densité du jus normal a peu varié.

En outre, pour 4 échantillons ayant donné sensiblement le même jus (densité 1 073-1 074) on a eu depuis 84.2 jusqu'à 89.4 comme coefficient calculé.

Ce grand écart ne vient pas de ce que le jus recueilli par le moulin était plus différent du jus normal dans un cas que dans l'autre. Il ne doit être attribué, en grande partie, qu'à la difficulté précisément de préparer un échantillon bien moyen pour que 50 gr. d'un mélange aussi variable que la cossette de cannes puisse représenter la richesse absolue correspondant à un travail de plusieurs milliers de kilogrammes.

Tandis que par le moulin la quantité de matière pressée est 30 à 100 fois plus grande et on n'a pas à craindre pour la dessiccation.

Ce sont là des faits qui paraissent évidemment en contradiction avec les conclusions que nous avons formulées au sujet du contrôle chimique en sucrerie de betteraves.

Mais les conditions, on doit le reconnaître, sont tout à fait différentes, attendu que la division de la betterave s'obtient aisément à l'aide des coupe-racines, et que, d'autre part, les variations de richesse extrêmes qu'on peut trouver d'une cossette à l'autre ne sont pas aussi considérables que dans la canne.

C'est précisément en étudiant le contrôle chimique de la sucrerie

de cannes pour l'établir conformément à celui de la sucrerie de betteraves que nous avons reconnu les difficultés d'opérer absolument de même.

Cependant, lorsque des appareils permettront de réduire en pulpe fine un poids assez fort de cossettes de canne, obtenues d'un fort échantillon de cannes entières ou recueillies du coupe-cannes, et que pendant tout ce travail on n'aura pas à craindre une évaporation, on pourra accepter l'analyse directe faite par le procédé le plus simple, ou digestion aqueuse à chaud (à froid, si la division de la fibre le permet) ou par épuisement ou lavage.

Il ne restera plus qu'à adopter un coefficient pour passer de la richesse directe de la canne travaillée à la richesse industrielle de la canne pesée, pour tenir compte de la perte en poids par la dessiccation des cannes, des cannes écrasées, mangées, des débris de feuilles, terre et déchets de toute nature n'arrivant pas au moulin ou au coupe-cannes.

Le coefficient moyen par lequel on doit multiplier la richesse pour 100 gr. de jus pour avoir la richesse de la canne doit donc être déterminé pour chaque usine suivant les conditions dans lesquelles on se trouve, c'est-à-dire l'appareil servant à presser les cannes, la pression exercée, le rendement en jus, le procédé suivi pour l'échantillonnage de la cossette, ou de la canne analysée directement, etc.

En tout cas, pour une richesse en ligneux de 10 p. 100, ce coefficient sera inférieur à 90 et pourra varier de 84 à 89 suivant les circonstances et se rapprocher de 86 à 88 en général.

Si les cannes sont peu chargées de ligneux, il est bien évident que l'on atteindra le coefficient 90, même s'il n'y a que 8 à 8 1/2 de ligneux, mais on descendra à 84, 85 pour des cannes ayant 12 p. 100 de ligneux et peu pressées.

Ce coefficient moyen permet donc de passer de la richesse du jus à celui de la canne et d'avoir des résultats rapides très sensiblement comparables pour des analyses industrielles.

Mais il ne donne que la richesse de la canne ou de la cossette prélevée soit au moulin, soit au coupe-cannes.

Or, cette canne analysée à ce moment ne représente pas exactement la canne entrée à l'usine à la bascule.

C'est alors qu'il nous faut étudier la deuxième question : Le coefficient à appliquer pour passer de la richesse du jus de moulin p. 100 à la richesse calculée de la canne p. 100 entrée à la bascule.

II. — Coefficient à adopter pour passer de la richesse du jus à la richesse de la canne travaillée.

La canne entrée à la bascule n'est généralement pas toute travaillée de suite.

Dans les usines où on travaille constamment, le service de nuit se fait au moyen de la canne reçue plus ou moins tard le jour.

Les cannes des wagons de la veille ne sont pas toujours écrasées ou coupées par ordre d'entrée, si bien que quelques wagons restent sur les voies pendant 10, 12 ou 15 heures.

S'il y a des arrêts quelconques pour nettoyage, fêtes, etc., de la canne en tas ou en wagons peut donc être conservée durant plusieurs jours.

Quel que soit le laps de temps écoulé entre la pesée et le travail de la canne, celle-ci subit une perte de poids, une dessiccation plus ou moins notable suivant l'état atmosphérique de l'air (température, vent). S'il survient des pluies, c'est le contraire, mais c'est le cas le moins fréquent, au moins pour certains pays.

La perte de poids est variable, suivant le mode de chargement, l'endroit où sont déposées les cannes, etc. On constate, par exemple, que des wagons peuvent perdre un poids correspondant à 0.6 ou 0.7 p. 100 en quelques heures. Dans d'autres circonstances, cette perte atteint 1 à 1.5.

Par conséquent, sur 100 kilogr. de cannes pesées à la bascule il n'en entrerait au moulin que 98.5, 98 ou 99.4, suivant la perte subie, si on n'avait qu'à compter sur la dessiccation.

Mais il y a bien d'autres pertes difficiles à calculer et qui correspondent :

1° Aux cannes écrasées ;

2° Aux cannes mangées ;

3° Aux débris de feuilles restés sur les wagons ;

4° A la terre qui tombe peu à peu des cannes et qu'on retrouve sur la plate-forme (quantité variable, quelquefois négligeable);

5° Aux déchets mis au rebut et provenant du nettoyage des transporteurs, etc.

Il y a donc perte de sucre réelle en poids, et perte de cannes.

La perte en sucre correspond au jus des cannes écrasées, aux cannes mangées et déchets de cannes. La perte en poids correspond aux débris de feuilles et à la terre.

Quelles sont les proportions de ces deux sortes de pertes? Cela est difficile à évaluer. Mais on compte encore qu'il y a de 0.2 à 0.3 p. 100 de déchets et terre. Quant aux cannes écrasées, mangées, la perte se chiffre encore par 0.1 à 0.2 p. 100. On peut donc avoir, d'une part, une dessiccation de 1.5 p. 100 et une perte en jus et divers déchets de 0.5, soit au total 2 p. 100. En un mot, sur 100 kilogr. pesés, il n'entre réellement dans ces conditions que 98 kilogr. de cannes. De plus, cette canne est plus riche que celle entrée, puisqu'il y a dessiccation et que lorsque cette dessiccation est rapide, en 10 ou 20 heures, il n'y a pas d'altération du sucre, mais augmentation de la richesse.

La richesse calculée de la canne avec le coefficient 86, 87 ou 88 est donc trop élevée si on veut savoir la richesse réelle rapportée à 100 kilogr. de cannes payées.

On peut calculer approximativement le 2° coefficient. Admettons que le coefficient n° 1 soit 87.

D'autre part, qu'il y ait 2 de perte totale, on a 87 — 2 — 85.

Mais on peut le déterminer exactement par le contrôle de la fabrication.

Pour cela, il faut connaître le volume du jus, sa richesse en sucre, la perte dans la bagasse ou la cossette, et la perte totale en sucre, ce qui donne le sucre total entré dans la fabrique. Ayant le poids de la canne entrée, on a la richesse industrielle de la canne payée.

C'est un contrôle qui est plus ou moins facile à appliquer, mais qui, en résumé, ne présente pas de difficultés sérieuses lorsqu'on examine ce qu'on fait déjà en sucreries de betteraves.

Il faut des mesureurs de jus, puis un échantillonnage régulier du jus obtenu par n'importe quel procédé, conservé et analysé une

seule fois par 12 heures. Enfin, pour les résidus, en avoir l'analyse et le poids (c'est là ce qui peut présenter le plus d'ennuis pour obtenir des résultats sérieux lorsqu'il s'agit des moulins), c'est-à-dire le poids de la bagasse et son analyse moyenne, etc.

Cependant, nous avons vu bien souvent ces poids notés et les analyses relevées.

En résumé, on a ainsi le sucre total entré. Lorsqu'on a la diffusion, le contrôle est des plus simples et c'est ce qui nous a permis d'étudier le 2e coefficient à plusieurs reprises et même constamment durant le fabrication. Comme le coefficient n° 1, il est assez variable.

Nous avons trouvé depuis 82 jusqu'à 87, suivant les années, les fabriques et l'époque de l'analyse, soit une moyenne de **84.5**.

Voici quelques chiffres :

Tableau LXXXII.

	1.	2.	3.
Densité du jus	1 066.7	»	»
Sucre p. 100 centim. cubes de jus	14.56	»	»
Sucre p. 100 gr. de jus	13.65	15.67	14.71
Ligneux	9.61	10.07	10.50
Jus par différence	90.39	89.93	89.50
Richesse calculée par le ligneux	12.34	14.08	13.20
Sucre p. 100 gr. de cannes par jus + pertes	11.88	12.84	12.44
2e coefficient calculé	*87.1*	*82.0*	*84.5*
Analyse directe	»	13.41	12.87
1er coefficient à appliquer	»	85.6	87.4

Le coefficient n° 2, pour passer de la richesse p. 100 gr. du jus à la richesse industrielle rapportée à 100 kilogr. de cannes pesées, que nous venons de signaler comme étant de 84.5 d'après nos essais, est très voisin de celui adopté à Maurice, ainsi que nous l'a appris M. P. Bonâme dans son rapport annuel de la station agronomique de l'île Maurice pour 1895.

Nous trouvons à la page 39 les lignes suivantes :

« Pour tous les chiffres se rapportant à la canne, à moins d'indications contraires, l'analyse est faite sur le jus obtenu par *le moulin*

de laboratoire et la richesse de la canne est calculée avec le coefficient de **0.84**, *adopté dans la colonie.* »

Nos résultats moyens concordent sensiblement avec ceux qui ont pu servir aux fabricants de sucre de Maurice pour établir ce coefficient.

MM. Kœnig, Fouquereaux de Froberville, J. Maricot, J. de C. Mazerieux ont donné des tableaux dans lesquels ils ont adopté le coefficient 84 pour passer de la richesse du jus en poids à celle de la canne (Maurice). [*Bulletin de l'Association des chimistes,* numéro de novembre 1892.]

M. G. L. Clarenc a donné une formule qui est la suivante :

$$R \times 1.80 = C \text{ ou sucre p. 100 gr. de cannes.}$$

R correspond au degré régie, ce degré régie étant 7.5 par exemple pour 1 075. Donc $7.5 \times 1.8 = 13.5$ de sucre p. 100 de cannes.

Ce calcul se rapproche beaucoup de l'adoption du coefficient 84, mais ne peut s'appliquer à tous les cas, surtout pour les densités inférieures à 1 070 et pour les cannes plus ou moins altérées ou desséchées.

On pourrait peut-être, jusqu'à nouvel ordre, adopter alors pour les recherches faites d'après l'analyse du jus, des coefficients moyens :

Soit, 1° le coefficient 87 pour calculer la richesse de la canne passée au moulin, d'après la richesse du jus p. 100 gr.;

Soit, 2° le coefficient 85 pour calculer la richesse industrielle de la canne pesée d'après la richesse du jus p. 100 gr.;

Ou uniquement le coefficient 85 pour toutes les analyses, puisque, en résumé, on doit toujours tout rapporter à la canne pesée et travaillée industriellement.

SEPTIÈME PARTIE

NOTES ADDITIONNELLES

I. — Détermination de la quantité de marc ou ligneux contenue dans la canne[1].

On sait que la canne contient une proportion très variable de résidu insoluble dans l'eau qu'on est convenu d'appeler le ligneux.

La proportion de ligneux varie avec l'âge des cannes, la maturité, la qualité des cannes. Dans une même canne, le ligneux varie suivant la hauteur, les nœuds ou entre-nœuds, la partie extérieure ou intérieure.

Nous avons donné des chiffres.

Mais, toutes choses égales d'ailleurs, *la quantité de ligneux varie avec le procédé employé pour sa détermination.*

Voici un tableau dû à M. W. Krüger, que nous trouvons dans le 2e volume qu'il a publié sur les recherches faites au laboratoire de Kagok Tegal (Java), 1896, p. 5.

Tableau LXXXIII.

Par l'extraction alcoolique.

	3 HEURES. a	6 HEURES. b	9 HEURES. c	DIFFÉRENCE a — c
1.	10.25	10.11	10.00	0.27
2.	10.62	10.46	10.37	0.25
3.	10.19	10.08	10.00	0.19

Par l'extraction aqueuse.

	10 FOIS. a	15 FOIS. b	20 FOIS. c	DIFFÉRENCE a — c
1.	9.94	9 75	9.46	0.48
2.	9.98	9.78	9.59	0.39
3.	10.13	9.92	9.73	0.40

1. A propos du travail de M. H. Prinsen Geerligs (*Archief voor de Java Suikerindustrie*, 1897, n° 7).

D'après H. Prinsen Geerligs, la différence entre le ligneux par extraction alcoolique et l'extraction par l'eau est d'autant plus forte que la canne est plus jeune.

Tableau LXXXIV.

	CANNES DE			
	5 mois.	6 mois.	9 mois.	12 mois.
Matières ligneuses par l'extraction aqueuse. .	7.36	7.99	8.38	10.52
— — alcoolique.	8	8.65	8.85	10.94
Différence en p. 100 du ligneux	8.2	7.5	5.3	3.9

Il s'ensuit donc que plus on traite longtemps la canne par l'eau plus ou moins chaude et plus on dissout de matières, moins on calcule de ligneux; que si on remplace l'eau par l'alcool, on obtient encore moins de dissolution, d'où *plus de ligneux.*

Cela a été observé également pour le dosage du marc dans la betterave à propos des différentes méthodes employées pour le dosage du sucre dans cette racine[1]. . . . .

M. H. Prinsen Geerligs a conseillé récemment de se servir de l'alcool pour la détermination du ligneux par extraction. Il y a bien, dit-il, quelques causes d'erreurs, mais moins grandes que par les traitements à l'eau.

Au point de vue scientifique, M. H. Prinsen Geerligs a probablement raison, mais au point de vue pratique, nous ne le croyons pas. D'abord, le dosage du ligneux n'est qu'un résultat comparatif. Donc, il suffit d'opérer de la même façon à chaque essai pour obtenir des résultats normaux. C'est ce qui peut être fait en suivant le procédé de dosage du sucre par extractions successives à l'aide de l'appareil de Zamaron. Soit 6 lavages en 1 heure et avec des proportions de cannes et d'eau toujours les mêmes.

Puis, en industrie, on n'utilise pas l'alcool, mais l'eau pour imbiber les cannes, ou bien pour extraire le jus par diffusion. Donc, dans les usines qui opèrent par la diffusion, le dosage du ligneux doit être exécuté par l'eau chaude.

1. E. von Lippmann (*Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie*, 15 mai 1887, p. 152).

II. — Composition du ligneux.

M. H. Prinsen Geerligs, dans une récente et remarquable étude sur la bagasse[1], a indiqué que la bagasse traitée dans différentes conditions donnait les résultats ci-après :

Tableau LXXXV. — Sur 100 gr. de bagasse sèche.

Cellulose par la méthode de Weenden	50.3
— — au chlorate de potasse	52.2[2]
Substance soluble dans l'acide sulfurique dilué à l'ébullition	36 3
Sucre formé par ce traitement	29.8
Matières solubles dans la soude provenant de l'insoluble dans l'acide chlorhydrique	9.45
Matière totale soluble dans la soude à 5 p. 100 (bouillante).	39.7

De cette matière on précipite :

Par l'alcool et l'acide acétique	30.80
Cendres	3.95
Azote	0.175
Matières azotées calculées	1 094

Le même auteur a ensuite étudié séparément les substances organiques, les matières colorantes, la cellulose, la gomme de canne, etc.

Il a remarqué que le ligneux de la canne jeune contient moins de cellulose que celui de la canne plus âgée.

Tableau LXXXVI. — Substances diverses et cellulose p. 100 gr. de ligneux.

	CANNES DE			
	5 mois.	6 mois.	9 mois.	12 mois.
Cellulose d'après la méthode de Weenden.	38.36	39.75	41.36	50.3
Xylone	25.70	28.5	30.82	31.50
Cendres	3.45	3.35	4.02	3.96
Albumine, etc.	2	2	2	2
Non dosés	30.49	26.40	21.80	12.25

1. *Archief voor de Java Suikerindustrie,* 1897, n° 7.

2. On a également démontré que le marc de betteraves ne renfermait qu'une quantité de cellulose pure relativement faible et que, suivant que la betterave était montée ou non montée en graines, plus ou moins mûre ou suivant les années, la quantité de matières solubles dans l'eau chaude variait, à propos du travail à la diffusion. (Divers.)

M. H. Prinsen Geerligs, d'après ses essais, dit que la bagasse de cannes n'est pas très recommandable pour la préparation de pâte à papier, puisque, dit-il, il y a 40 p. 100 de matières solubles dans la soude.

Ceci était connu et, dans les études faites pour l'emploi de la bagasse, on admettait qu'il y avait en moyenne 5 p. 100 de cellulose plus ou moins pure destinée à la production de la pâte à papier.

M. P. Bonâme, de son côté, a dosé la quantité de cellulose contenue dans la canne renfermant diverses proportions de ligneux et a obtenu les résultats ci-après[1]:

Tableau LXXXVII.

	1.	2.	3.
Ligneux. . . . . p. 100	10.53	11.15	14.80
Cellulose	5.83	5.96	7.80
— (après traitement par les acides et alcalis dilués et à chaud) . . . . . p. 100	55.3	53.4	52.7

Ce qui faisait dire à M. Bonâme que le ligneux contenait en moyenne 50 p. 100 de cellulose.

Ces chiffres sont très rapprochés de ceux cités par M. Prinsen Geerligs et, en outre, le dosage exact de la cellulose pure n'est pas encore très facile, puisque les résultats varient avec les procédés employés au traitement de la substance insoluble de la canne[2].

III. — Eau colloïdale.

On sait que le jus obtenu par la pression n'est pas le jus moyen renfermé dans toute la canne, et que le jus recueilli ne correspond pas au jus restant dans la bagasse déjà pressée. Le jus restant est toujours plus pauvre, pour ne parler que de la proportion de sucre.

On doit donc admettre, comme pour la betterave, la présence de

1. P. Bonâme, *Culture de la canne à sucre*, p. 206.

2. Du reste, dans une étude sur la fabrication du papier de bagasse, parue il y a plusieurs années dans le *Journal des Fabricants de sucre*, il est dit qu'il faut 2 parties de bagasse ordinaire des moulins pour avoir une partie de papier vendable. Or, on peut admettre 25 à 30 p. 100 de bagasse, soit donc 4 à 5 de papier pour 100 kilogr. de cannes.



l'eau combinée à différentes matières organiques et M. H. Prinsen Geerligs a essayé de déterminer la proportion d'eau colloïdale contenue dans la canne. Il a trouvé dans différents essais environ 35.5 p. 100 du ligneux, c'est-à-dire que si une canne laisse 10 p. 100 de ligneux, il peut y avoir 3.5 d'eau colloïdale ne participant pas au jus sucré.

Ce chimiste a opéré à l'aide de solutions salines titrées notamment du chlorure de sodium.

Voici un exemple de calcul :

Bagasse complètement épuisée à froid et légèrement pressée.		100 gr.
Solution de sel marin	1.006 p. 100 gr.	500 gr.
Soit sel marin ajouté.	5.030 —	

Après mélange, on a dosé p. 100 gr. de la solution 0,8 808 de chlorure de sodium.

D'où :

$$\frac{5.030 \times 100}{0.8808} = 571^{gr},4.$$

On avait donc retiré de la bagasse 71gr,4 d'eau non combinée.

La bagasse, directement, contenait 78.9 p. 100 d'eau, 21.2 de ligneux. D'où, eau de constitution, 78.9 — 71.4 = 7.5 ou 35.5 p. 100 de la matière fibreuse ou du ligneux.

M. Prinsen Geerligs déduit de ses recherches que c'est surtout la *gomme de cannes* qui retient cette eau dans la canne et non la cellulose[1].

IV. — Conservation de la bagasse pour l'analyse.

Il est très intéressant de pouvoir conserver la bagasse de plusieurs prélèvements pendant la journée pour n'avoir qu'une analyse à

1. Nous avons étudié aussi cette question, mais en remplaçant la canne par de la pâte à papier. Or, nous avons constaté, par des essais analogues à ceux rapportés par M. H. Prinsen Geerligs, que toute l'eau de la pâte à papier pressée ne participait pas à la dilution. En un mot, que la cellulose retiendrait fortement son eau et empêcherait une diffusion rapide entre l'eau intérieure retenue par la pâte et la solution saline mise en contact.

exécuter par poste. M. H. Prinsen Geerligs a essayé divers antiseptiques sans succès.

Il a repris les essais de van Lookeren Campagne, datant de 1894, et il a pu constater que l'on pouvait obtenir la conservation de la bagasse par la stérilisation.

Pour cela, l'auteur prend 20 gr. de bagasse qu'il stérilise dans les appareils ordinaires connus pour la bactériologie et il a essayé successivement 2 et 3 stérilisations. Il a obtenu les résultats ci-après :

Tableau LXXXVIII. — Stérilisation.

SUCRE P. 10 GR. de bagasse.	1 FOIS.	2 FOIS.	3 FOIS.
Avant stérilisation. .	6.5	6.5	6.5
Après 1 jour. . . .	6.5	6.4	6.5
— 2 jours . . .	5.76	6.3	6.4
— 4 jours . . .	4.52	6	6.4
— 10 jours . . .	»	6	6.2

C'est un moyen qui, en effet, peut être employé pour réduire les analyses de bagasses, lorsqu'on écrase la canne par les moulins.

Lorsqu'on emploie la diffusion, la cossette épuisée se conserve très facilement durant 12 heures, après avoir subi l'action d'une température de 90° pendant plusieurs heures.

Il suffit alors de composer un échantillon moyen des cossettes écrasées prélevées autant de fois qu'on le désire, et de le conserver dans une grande boîte en zinc fermée et entretenue aussi propre que possible. Ceci ne sert que de contrôle, car, pour la marche même de la batterie, on doit analyser la cossette, épuisée très souvent, et avoir des résultats après chaque heure.

V. — Composition du sol égyptien.

Limons et eaux du Nil.

Un grand nombre d'analyses ont été faites. Nous rappellerons celles dues à MM. Champion et Pellet, exécutées sur des échantillons rapportés par Gastinel-Bey et publiées en 1871-1872 dans un rapport à S. A. Ismaïl-Pacha présenté par la commission spéciale dont Payen était le président.



Évidemment le sol égyptien doit se rapprocher beaucoup de la composition du limon du Nil, dont diverses analyses ont été faites.

Tableau LXXXIX. — Limon du Nil[1].

Analyses de M. Schlœsing.

	POUR 100 GR. de matière sèche.
1° Analyse physique :	—
Cailloux et graviers	0
Gros sable	20
Sable fin	59
Argile	21
2° Analyse chimique :	
Silice	50.40
Potasse	1.10[2]
Soude	1.20
Chaux	4.70
Magnésie	3.20
Alumine	19.80
Peroxyde de fer	11.70
Acide carbonique	0.91
Acide phosphorique	0.08
Eau combinée et matières organiques	8.20
	101.29

Tableau XC.

Analyses du professeur Letheby, de Londres.

(Moyenne d'une année.)

	PENDANT la crue.	PENDANT l'étiage.
	—	—
Acide phosphorique	1.78	0.57
Chaux	2.06	3.18
Magnésie	1.12	0.99
Potasse	1.82	1.06
Soude	0.91	0.62
Alumine. / Oxyde de fer	20.92	23.55
Silice	55.09	58.22
Matières organiques et humidité	15.02	10.37
Acide carbonique / Pertes, etc.	1.28	1.44
	100.00	100.00

1. Voir les différentes communications faites par M. Ventre-Pacha à l'Institut égyptien, de 1887 à 1891.

2. Dont 0.048 soluble dans l'acide nitrique faible.

Tableau XCI.

Analyses faites au Muséum, à Paris, par M. Terreil.

Acide phosphorique	0.24
Chaux	2.63
Magnésie	3.42
Potasse	0.91
Soude	2.52
Alumine	21.90
Oxyde de fer	4.72
Silice	50.37
Matières organiques et humidité	11.52
Acide carbonique	1.66
Pertes, etc.	0.11
	100.00

Tableau XCII. — Eau du Nil.

Analyse de M. A. Müntz.

	POUR 1000 PARTIES.	
	En dissolution.	En suspension.
Azote	1.07	3.00
Acide phosphorique	0.40	4.10
Potasse	3.66	150.00
Chaux	48.00	70.50

Tableau XCIII.

Analyse de M. le Dr Letheby, de Londres.

	PAR LITRE D'EAU.	
	Minimum.	Maximum.
Matières organiques	0.0051	0.1841
— minérales	0.0383	1.3074
Total	0.0434	1.4915

Vœlcker a indiqué[1] :

	PAR LITRE.	
	Au début de la crue.	En pleine crue.
Matières en suspension	0.2398	1.2480
— en dissolution	0.2548	0.1694

1. Ch. Pensa, *les Cultures de l'Égypte* (*Annales de la Science agronomique française et étrangère*, t. II, 1896).

	Par litre d'eau à l'étiage	
	Eau d'infiltration d'un puits.	Eau du Nil ayant traversé.
Chaux	0.1656	0.0424
Magnésie	0.0453	0.0100
Soude	0.0820	0.0062
Potasse	0.0037	0.0144
Chlore	0.1360	0.0067
Acide sulfurique	0.0593	0.0216
— nitrique	0.0017	»
Silice, alumine et fer	0.0180	0.0097
Matières organiques	0 0060	0.0175
Acide carbonique et pertes	0.1226	0.0403
	0.6402	0.1688

(Voir aussi les analyses de M. Mathey en 1887[1].)

VI. — Analyses directes de terres provenant d'Égypte.

En 1881, Gastinel-Bey avait trouvé, d'après l'analyse de 22 échantillons de terre, mêmes échantillons que ceux ci-dessous, mais après la culture intensive :

Tableau XCIV.

	Pour 100 gr. de matière sèche.
Azote total	de 0.124 à 0.279
Acide phosphorique	de 0.230 à 0.850
Chlorure de sodium	de 0.007 à 15.024
Sulfate de soude	de 0.018 à 1.070

Ces mêmes terres, analysées en 1871-1872 par Payen Champion et Pellet, contenaient :

	Pour 100 gr. de matière normale.
Azote total	de 0.041 à 0.064
Acide phosphorique	de 0.160 à 0.290

1. Ch. Pensa, *les Cultures de l'Égypte* (*Annales de la Science agronomique française et étrangère*, t. II, 1896).

En 1895, nous avons analysé un grand nombre d'échantillons de terres d'Égypte et nous avons eu les résultats ci-après :

Tableau XCV.

	POUR 1000 GR. DE MATIÈRE NORMALE SÈCHE.			
	Surface.		Fond à 0m,80 ou 1 mètre.	
	1.	2.	1.	2.
Azote	1.00	1.10	0.90	0.93
Acide phosphorique	1.30	2.30	2.00	1.90
Chaux	28.40	25.80	27.10	26.50
Magnésie	21.40	18.00	17.10	18.00
Potasse	2.90	2.10	2.10	2.50

Pour 30 autres échantillons on a eu :

Tableau XCVI.

Azote	de 0.77 à 2.50
Acide phosphorique	de 1.68 à 3.20
Chaux	de 11.50 à 27.30
Magnésie	de 9.80 à 23.60
Potasse	de 1.60 à 3.80
Acide sulfurique	de 0.25 à 0.55

Tableau XCVII.

Analyse moyenne de 30 échantillons de terres d'Égypte de divers endroits.

	TERRE à 200 kilomètres du Caire.		MOYENNE.	AUTRE endroit à 40 kilomètres du Caire. Moyenne.
	Tamis 60.	Tamis 30.		
Azote	1.40	1.20	1.30	0.77
Acide phosphorique	1.84	1.98	1.90	1.73
Chaux	25.80	26.60	26.20	24.20
Magnésie	17.30	17.30	17.30	23.90
Potasse	2.30	2.70	2.50	2.80
Acide sulfurique	0.40	0.34	0.37	0.30

On a trouvé pour l'analyse physique :

	TERRE à 200 kilomètres du Caire.		AUTRE analyse de 1894.
Sable grossier	54.6	68.0	75
Sable fin	13.4		
Argile	31.0	32.0	25
Partie soluble et divers	1.0		
	100.0	100.0	100

Le sable et l'argile sont tous deux calcaires.

Analyse séparée du sable et de l'argile des échantillons de 1895.

	SABLE.	ARGILE.	DANS l'eau de lavage pour 100 gr. de terre.
Azote	1.67	0.80	traces
Acide phosphorique	1.87	2.10	traces
Chaux	25.20	28.20	2.450
Magnésie	16.60	19.0	1.470
Potasse	2.30	2.0	0.150

Nous avons fait ensuite une analyse complète de l'échantillon moyen des terres ci-dessus, et nous avons eu :

Tableau XCVIII.

	POUR 1000.
Silice	546.00
Alumine	197.00
Peroxyde de fer	92.00
Carbonate de chaux	57.00
— de magnésie	41.00
Potasse	2.70
Ammoniaque	0.00
Acide phosphorique	1.84
— sulfurique	0.50
Matières organiques	59.00
Non dosés. — Chlore. — Soude	2.96
	1000.00
Azote nitrique	0.130
— organique	1.270
Azote total	1.400

M. Ch. Pensa a trouvé de son côté :

Tableau XCIX.

	POUR 100 DE TERRE.			
	A la surface		A 0m,60 de profondeur.	
	1.	2.	1.	2.
Terre fine	98.20	99.30	98.50	98.35
Pierres.	18.0	0.70	1.50	1.65
Calcaire	3.40	3.01	4.33	1.80
Insoluble.	62.70	69.20	64.70	64.10

A l'analyse chimique :

	A la surface.		A 0m,60 de profondeur.	
	1.	2.	1.	2.
Azote	0.77	0.42	0.84	0.42
Acide phosphorique. . .	1.50	1.84	2.96	3.23
Potasse	4.24	3.21	5.68	3.23
Chlore.	0.25	0.38	0.00	0.00

VII. — Culture de la canne à sucre en Égypte.

Nous n'avons nullement l'intention d'entrer dans des développements bien longs à ce sujet. Nous n'en parlons pour ainsi dire qu'accidentellement et parce que M. Ch. Pensa a publié dans le même recueil un très intéressant travail sur les cultures de l'Égypte.

Dans l'opuscule de M. Ch. Pensa on trouve certains détails parfaitement exacts relativement à la culture de la canne en général. Mais, par contre, d'autres nous paraissent beaucoup moins exacts. Par exemple, M. Pensa dit (page 54) que le sol égyptien est généralement peu calcaire. Cela est vrai si on le compare à certains terrains renfermant 10, 15 et 20 p. 100 de carbonate de chaux. Mais c'est une terre excellente au point de vue de la quantité de calcaire qui s'y trouve et l'état de division dans lequel on le rencontre, puisque les cailloux sont pour ainsi dire inconnus dans le sol égyptien. La canne, du reste, ne réclame pas un terrain tout particulièrement calcaire, car les sols des colonies, de très bonne qualité pour la canne à sucre, renferment beaucoup moins de chaux que le sol égyptien.

Voici, du reste, des chiffres publiés dans divers ouvrages et que

nous retrouvons dans la brochure de M. Ventre-Pacha (1889) intitulée : *Le sol égyptien et les engrais,* pages 31 et suivantes.

Pour 100 gr. de terre sèche :

Tableau C.

	TERRES								
	DE LA RÉUNION.					DE LA GUADELOUPE.			de la Martinique.
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	1.
Humus	22.30	10.76	17.91	24.50	17.59	23.53	30.31	27.75	Non dosé
Azote.	0.30	0.18	0.21	0.20	0.19	0.18	0.26	0.29	0.211
Potasse et soude . .	0.58	2.10	0.53	0.52	0.67	0.10	0.11	0.12	0.111
Acide phosphorique .	0.04	0.36	0.04	0.06	0.08	0.08	0.11	0.18	0.243
Chaux	*0.35*	*1.56*	*1.06*	*0.36*	*0.18*	*0.45*	*1.15*	*0.10*	*1.295*
Magnésie	0.04	1.92	3.03	0.51	0.03	0.18	0.76	0.64	1.150
Oxyde de fer et alumine	40.48	20.22	21.70	20.17	29.20	12.52	15.29	17.07	12.831
Insoluble, etc. . . .	35.91	62.90	55.32	53.68	52.06	62.92	52.01	53.85	»

On voit que, par kilogramme, cela représente 1 à 15.60 de chaux, alors que nous en avons dosé plus de 25 gr. environ, et M. Ch. Pensa lui-même a dosé plus de 18 à 43 gr. de calcaire par kilogramme de terre d'Égypte. Au Brésil, beaucoup de terres à cannes ne contiennent également que peu de chaux.

D'après nous, les apports de chaux dans la terre d'Égypte ne sont nullement nécessaires, en général du moins, sauf dans quelques cas spéciaux et surtout au point de vue physique.

L'addition d'acide phosphorique dans le sol égyptien n'est pas toujours utile et les essais de culture directe apprennent à ce sujet beaucoup plus que toutes les analyses de terre. Il y a surtout à faire remarquer qu'en général la couche arable est très profonde et que l'épuisement du sol étant fait pour ainsi dire à la surface, le travail physique et mécanique du sol a une très grande influence sur les résultats des récoltes.

Du reste, des essais ont été entrepris de divers côtés pour l'amélioration de la canne à sucre, tant au point de vue de la richesse

que du rendement à l'hectare ou, pour parler comme en Égypte, par feddan (0^{ha},42).

Nous ne doutons pas des rendements cités par M. Pensa, à la Martinique, chez M. Thiéry, mais il faut voir si ces rendements se maintiennent plusieurs années et s'ils sont pour des surfaces relativement grandes.

En Égypte, il y a quelques feddans qui donnent bien 100 000 et 110 000 kilogr. à l'hectare, mais à côté il y en a d'autres qui ne donnent que 50 000 et 60 000 kilogr. Néanmoins, il y a encore des progrès à faire dans ce sens. Seulement, il n'est pas toujours facile de faire essayer même les bons conseils. D'autre part, au point de vue des engrais, il y a un facteur tellement important, l'*eau et son mode d'emploi,* qu'on peut obtenir des résultats complètement différents dans le même sol, avec les mêmes engrais et par conséquent faire attribuer à un engrais un résultat bon ou mauvais qui ne provient exclusivement que de la manière dont l'eau a été fournie et utilisée. Nous parlons de la culture avec irrigation.

Puis il y a la grosse question de l'échantillonnage de la canne, du mode d'analyse, etc., ce qui, jusqu'ici, n'avait pas été, selon nous, suffisamment étudié, sauf par M. P. Bonâme dans ces derniers temps. C'est précisément en nous livrant à des recherches variées sur la canne à sucre que nous avons reconnu la nécessité d'une base sérieuse pour connaître la véritable valeur d'un carré ou d'un champ de cannes. Autrement, auparavant, avec les méthodes ordinaires admises comme les plus exactes, on arrivait à tout, excepté à des résultats précis.

Quant à la richesse saccharine de la canne, elle est très variable ainsi qu'on l'a vu, mais les moyennes citées par M. C. Pensa nous paraissent faibles.

En effet, l'auteur parle de richesses de 12 à 15 kilogr. de sucre à l'hectolitre de jus, suivant les mois de travail.

Prenons la moyenne de *13.5* de sucre p. 100 litres de jus. Densité 1 067 à 1 069 (d'après les rapports de la Daira Sanieh), soit sucre pour 100 grammes de jus, 12.7.

Il ne faut compter que 87 à 88 comme coefficient industriel pour passer de la richesse du jus pour 100 gr. à la richesse de la canne

ou 11^{kg},1 de sucre pour 100 kilogr. de cannes, et cela sans perte. La différence serait encore bien plus grande si on adoptait le coefficient 84 comme à l'île Maurice.

Or, les pertes à l'extraction, le sucre dans la mélasse, la perte dans le noir, les pertes par transformation, etc., etc., forment un total tel que les rendements industriels obtenus sont au-dessus de cette différence, d'après les rapports même officiels.

C'est pourquoi nous avons calculé que la richesse de la canne en Égypte était de 12 à 13 kilogr. en moyenne p. 100 kilogr. de matière normale avec des variations considérables. La moyenne entre les années bonnes et les années mauvaises peut aussi différer de plus de 2 p. 100.

Tableau CI. — État comparatif des récoltes de 1890 à 1895[1].

		SURFACE cultivée en cannes par la Daira. — hectares	CANNES TOTALES récoltées. — kilogr.	CANNES par hectare. — kilogr.
1890	(environ)	4 150	130 000 000	31 000
1891	—	3 380	117 000 000	34 000
1892	—	3 230	114 000 000	36 000
1893	—	2 520	89 800 000	35 000
1894	—	1 395	65 000 000	46 000
1895	—	1 075	48 000 000	45 000

Ces rendements, on le voit, augmentent chaque année et comprennent la moyenne des deux récoltes pour une seule plantation. Or, la seconde repousse ne donne que 50 à 60 p. 100 du rendement de la première année.

Certainement, les rendements de 45 000 kilogr. en moyenne ont été dépassés dans plusieurs Teftiches (sociétés agricoles), et des récoltes de 80 000 à 90 000 kilogr. à l'hectare ont été observées en première année. Il faut tenir compte aussi que le procédé par irrigation donne lieu à une certaine perte de surface de terrain cultivé par suite de la division du sol en carrés séparés par des canaux d'importance variable.

1. *Cannes à sucre.* Rapport de la Daira Sanieh de 1896, p. 7.

L'ACIDE NITRIQUE

DANS

LES EAUX DE RIVIÈRE ET DE SOURCE

Par M. Th. SCHLŒSING

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS.

C'est une question très intéressante pour les agriculteurs que celle de savoir combien une terre végétale lavée par les infiltrations des pluies perd d'azote assimilable, au cours d'une année. On est tenté de la résoudre en prenant pour base de calcul les proportions d'acide nitrique trouvées par divers observateurs dans les eaux de drainage, mais il y a des raisons de penser que ces proportions, mesurées dans des cas particuliers où la nitrification prend une activité inusitée, conduiraient à une évaluation exagérée.

Il m'a paru possible d'obtenir une évaluation plus sûre en mesurant l'azote perdu, non par des surfaces très limitées, comme celles de champs drainés, mais par une vaste étendue de territoire, par exemple celle du bassin entier d'une rivière. Les cours d'eau sont les drains naturels où aboutissent les eaux infiltrées dans leurs bassins; doser l'acide nitrique dans un cours d'eau, c'est le doser dans l'ensemble des eaux de drainage de son bassin; c'est mesurer la perte d'azote subie par une superficie de terrain très étendue, de laquelle se déduit la perte moyenne par unité de surface.

Mais il faut choisir pour une semblable étude l'occasion où une

rivière est exclusivement alimentée d'eaux souterraines, exemptes de toute altération. Cette occasion s'est présentée au mois de février 1895, pendant que régnait un froid rigoureux qui avait suspendu tout apport d'eau de ruissellement et toute consommation de nitrates par la végétation aquatique. Je me suis empressé de la saisir, et j'ai dosé alors l'acide nitrique dans les eaux de la Seine, de l'Yonne, de la Marne, de l'Oise.

Ce premier travail en a amorcé un deuxième, dans lequel je me suis proposé de suivre, pendant une année, les variations de l'acide nitrique dans la Seine et ses trois principaux affluents, afin d'acquérir sur le *régime nitrique* des rivières des notions que n'ont pu fournir jusqu'ici des dosages isolés faits dans diverses eaux, à des dates quelconques.

En même temps, j'ai déterminé l'acide nitrique dans les eaux de source dérivées à Paris ; et cette recherche n'a pas tardé à prendre un intérêt tout spécial que je ne soupçonnais pas à son début : des différences très nettes se sont produites entre les eaux de la Vanne et de la Dhuis, d'une part, et celles de l'Avre, d'autre part. Pendant que le titre nitrique restait presque constant dans les premières, malgré la diversité des conditions climatériques, il subissait dans les eaux de l'Avre des variations considérables. Ce contraste m'a suggéré des idées et des études nouvelles sur les conditions naturelles, d'où résultent la constance ou la variabilité de la constitution minérale des eaux de source, et sur un nouveau mode de l'emploi de l'analyse chimique pour distinguer les eaux pures et potables de celles qu'on doit tenir pour suspectes.

Ainsi, de nouveaux points de vue m'apparaissant successivement, mon travail s'est développé bien au delà de mes prévisions ; il n'est pas terminé en ce qui concerne les eaux de source : il reste à connaître l'influence sur leur constitution des années sèches, ou humides, ou normales. Mais, sans attendre le terme nécessairement assez éloigné de ces études, je crois avoir réuni dès maintenant des observations assez nombreuses, assez originales, pour en faire la matière d'un premier Mémoire.

I. — Azote enlevé à la terre végétale par l'infiltration des pluies.

La question de savoir combien d'azote est enlevé annuellement à la terre végétale par les infiltrations des pluies s'est présentée chaque fois qu'on a essayé d'établir, au point de vue de l'azote, la statique d'un sol, c'est-à-dire le compte de ses pertes et gains en principes azotés. Pour la résoudre, on a admis, avec raison, que l'azote entraîné se trouve presque en totalité dans les nitrates dissous; conséquemment, on s'est borné à doser l'acide nitrique dans les eaux de drainage.

On a trouvé ainsi, le plus souvent, des pertes d'azote considérables, qui donneraient à l'entraînement des principes azotés par l'infiltration des pluies une très grande importance, si on les étendait à la généralité des terres labourées; mais ce serait prendre l'exception pour la règle. Il est certain, en effet, que les résultats d'analyse publiés ont été obtenus, pour la plupart, dans des conditions où la nitrification acquérait une activité inusitée; on a dosé l'acide nitrique exclusivement dans des eaux qui avaient traversé des champs drainés, ou des cases de végétation ou même de simples pots. Or, les terres que l'on draine ont accumulé en elles, avec le temps et en l'absence d'air, de grandes quantités de matière organique, laquelle, venant à rencontrer l'oxygène après l'installation du drainage, devient, pendant nombre d'années, une source abondante de nitrates. Quant aux cases de végétation et aux pots, on sait bien que l'émiettement de la terre, inévitable au moment du remplissage, détermine une exagération longtemps soutenue de la nitrification.

En réalité, malgré toutes les analyses d'eaux de drainage exécutées jusqu'à ce jour, malgré toutes les recherches dont la nitrification dans la terre végétale a été l'objet, nous ignorons encore combien une terre cultivée perd d'azote dissous dans les eaux d'infiltration, au cours d'une année, et la raison de notre ignorance, c'est que nous ne savons pas recueillir ces eaux sans porter atteinte à l'état physique du sol, c'est-à-dire sans augmenter par nos manipulations son pouvoir nitrificateur.

Mais ces mêmes eaux, qui nous échappent au moment de leur infiltration, nous les retrouvons finalement dans les rivières, drains naturels où elles aboutissent, et là nous pouvons les puiser sans troubler nulle part la marche de la nitrification; leur analyse doit permettre de mesurer l'azote total ravi par elles aux terrains qu'elles ont traversés. Ainsi, ce même problème, que nous ne savons pas résoudre dans chaque cas particulier, devient soluble dans le cas général où l'on envisage tout l'ensemble des terrains composant le bassin d'un cours d'eau ; la solution donne alors, d'emblée, la perte d'azote par unité de la surface embrassée. Mais, avant d'appliquer cette méthode, il est nécessaire de la discuter à divers points de vue ; c'est ce que je vais faire.

1° Comme celle des eaux de drainage, et avec plus de raison encore, l'analyse pourra être bornée à la détermination de l'acide nitrique. C'est, en effet, le seul composé azoté restant, d'ordinaire, dans les eaux souterraines, au moment où elles se déversent dans les rivières. Quand on lave de la terre végétale avec de l'eau pure, on dissout, outre les nitrates, parfois des traces d'ammoniaque, et toujours de petites quantités de matières organiques azotées, dites *humiques,* qui colorent la dissolution en brun clair. Les eaux d'infiltration ne se comportent pas autrement au contact de la couche superficielle du sol occupée par la végétation, couche qui est le siège essentiel de la formation des nitrates. Mais, à mesure qu'elles s'enfoncent dans le sol et y accomplissent leur trajet, leur azote organique ou ammoniacal est entièrement converti par la combustion lente en azote nitrique, pourvu qu'elles ne soient pas absolument dénuées de carbonate calcaire ou alcalin et qu'elles trouvent dans le terrain parcouru de l'oxygène libre ; c'est le cas très général, puisque les nappes souterraines et les eaux de source sont presque toujours incolores et imprégnées d'oxygène.

Dans certaines circonstances, cependant, l'oxygène fait défaut, par exemple quand les eaux traversent des terrains chargés de débris végétaux constituant des milieux réducteurs qui détruisent les nitrates et changent les sulfates en sulfures ; ou bien quand elles séjournent dans des couches géologiques contenant des minéraux oxydables, comme le silicate de protoxyde de fer des sables verts : les

eaux artésiennes du puits de Grenelle sont précisément dans ce cas ; aussi, d'après l'analyse de Peligot, elles ne contiennent pas trace d'oxygène ni de nitrates, mais, au contraire, du bicarbonate ferreux, preuve de leur passage en milieu réducteur. Ces circonstances sont exceptionnelles, et il me sera permis de n'en pas tenir compte dans une étude qui ne doit conduire évidemment qu'à des évaluations approximatives et non à des mesures précises.

2° On peut se demander si la présence de l'oxygène suffit pour préserver les nitrates de toute destruction, quelle que soit la durée du séjour des eaux dans le sol : ne voit-on pas ces sels servir d'aliment azoté à des organismes divers, dans des conditions de température, d'aération, d'obscurité semblables à celles où se trouvent ces eaux ? Je répondrai qu'il faut à ces organismes, sauf peut-être de très rares exceptions, un aliment carboné, outre l'aliment azoté, et qu'ils ne peuvent plus se développer quand la matière humique a disparu ; les nitrates se conservent alors indéfiniment. Il est possible qu'ils soient mis à contribution par les organismes qui ont pour fonction de consommer la matière organique ; mais comme ces organismes se succèdent de génération en génération depuis un temps immémorial, leur quantité a cessé de croître ; il en meurt autant qu'il en naît, en sorte que la consommation des nitrates par ceux qui se développent est égale à leur reproduction aux dépens de ceux qui sont morts, sous l'action des ferments de la nitrification qui se trouvent partout.

J'admettrai, en conséquence, que les nitrates ne subissent pas de déchet sensible pendant le séjour des eaux dans le sol.

3° Mais il n'en est plus de même quand ils sont parvenus aux rivières, ils y deviennent l'aliment des tourbes, des plantes diverses qui en garnissent les lits et les bords, et des algues qui se multiplient dans leurs eaux ; il se fait ainsi, par la végétation aquatique, une consommation de nitrates qui n'est certainement pas négligeable, mais que personne n'a encore évaluée.

4° Une autre cause d'altération du titre nitrique des eaux de rivière est leur mélange avec les eaux de ruissellement qui, en temps de pluie, s'écoulent à la surface des terrains peu perméables sans s'y infiltrer. Ces eaux ne contiennent guère que la petite quantité de

nitrate d'ammoniaque qu'elles ont rencontrée et dissoute en traversant l'atmosphère ; plus pauvres que celles d'infiltration, elles en abaissent le titre en s'y mêlant.

Il résulte de la discussion précédente que les nitrates contenus dans les eaux souterraines représentent avec une fidélité suffisante l'azote perdu par les sols que ces eaux ont traversés ; mais que, dans les rivières, ils peuvent être consommés par la végétation ou dilués par des eaux étrangères ; par conséquent, pour que la méthode proposée donne des résultats satisfaisants, il est nécessaire que les prises d'eau pour analyse aient lieu en un temps où la végétation et le ruissellement soient nuls. Il est bien rare que ces deux conditions ne se trouvent pas réalisées simultanément au cours d'un hiver.

Elles l'ont été, en particulier, d'une manière exceptionnellement favorable, au mois de février de l'année 1895, si bien qu'elles m'ont suggéré alors les études que je rapporte ici. Quand j'ai pris mes premiers échantillons d'eau, le 9 février, un froid intense régnait depuis plusieurs semaines ; toutes les rivières du bassin de la Seine étaient couvertes de glaçons et il était certain qu'elles étaient exclusivement alimentées par des eaux souterraines dont le titre nitrique ne pouvait être altéré ni par la végétation ni par le ruissellement. Le froid s'étant maintenu jusqu'à la fin de février, il m'a été permis de continuer mes prises d'échantillons pendant une vingtaine de jours.

J'ai puisé l'eau de la Seine en trois points :

Au pont de Montereau, au-dessus du confluent de l'Yonne ;

Au pont de Charenton, au-dessus du confluent de la Marne ;

A Paris, à la hauteur du pont des Invalides.

Les eaux de l'Yonne, de la Marne et de l'Oise ont été échantillonnées tout près de leurs confluents avec la Seine.

J'ai aussi déterminé l'acide nitrique dans les eaux des sources de la Vanne, de la Dhuis et de l'Avre, dérivées à Paris.

Pour éviter dans le transport des échantillons tout retard pouvant occasionner quelque altération des eaux, j'envoyais sur les lieux des prises un homme de confiance qui me rapportait les échantillons aussitôt après leur prélèvement, et dès son retour, ou au plus tard le lendemain, je procédais aux opérations qui précèdent un dosage d'acide nitrique ; ces opérations consistent à vaporiser, dans un bal-

lon de 2 litres, 4 litres d'eau que l'on réduit au volume de 12 à 15 centimètres cubes; par filtration, on se débarrasse du précipité de carbonate de chaux et de silice produit au cours de la concentration; le liquide filtré et les lavages formant un volume d'environ 50 centimètres cubes sont ensuite évaporés à sec, dans une petite capsule de porcelaine, à une douce chaleur; le résidu obtenu est mis sous cloche, dans une atmosphère desséchée par de la potasse solide, et peut alors attendre, sans danger d'altération, le dosage définitif de l'acide nitrique. J'emploie toujours, pour effectuer ce dosage, le procédé que j'ai décrit en 1856 dans les *Annales de Chimie et de Physique;* il consiste à réduire en liqueur acide et bouillante l'acide nitrique par le protochlorure de fer, à recueillir le bioxyde d'azote dégagé, auquel on rend ensuite l'oxygène perdu, pour le restituer à l'état d'acide nitrique dosable par l'eau de chaux titrée.

La quantité d'acide trouvée est divisée par 4, pour être rapportée à 1 litre d'eau.

Voici maintenant les résultats que j'ai obtenus :

LIEUX des prises.	DATES.	ACIDE NITRIQUE dans 1 litre.		AZOTE équivalent.	
		milligr.		milligr.	
Seine.					
Montereau. . .	16 février.	7,66	7,85	1,99	2,03
	27 —	8,04		2,08	
Charenton. . .	15 —	9,84	10,21	2,55	2,65
	28 —	10,59		2,75	
Paris.	9 —	8,08	8,58	2,09	2,23
	13 —	8,88		2,31	
	19 —	8,67		2,25	
	23 —	8,71		2,26	
Yonne.					
Montereau. . .	16 février.	8,54	9,13	2,21	2,36
	27 —	9,73		2,52	
Marne.					
Charenton. . .	14 février.	9,01	8,40	2,34	2,18
	28 —	7,80		2,02	
Oise.					
Pontoise . . .	19 février.	10,68	10,03	2,78	2,60
	1 mars.	9,38		2,43	

Sources.

LIEUX DES PRISES.	DATES.	ACIDE NITRIQUE dans 1 litre.	AZOTE équivalent.
		milligr.	milligr.
Vanne, au débouché dans le réservoir de Montsouris.	4 mars.	10,08	2,61
Dhuis, au débouché dans le réservoir de Ménilmontant.	8 —	11,03	2,86
Avre, au débouché dans le réservoir de Passy.	7 —	11,87	3,08

On remarque tout de suite, en lisant ce tableau, que les titres nitriques de la haute Seine et des trois principaux tributaires du fleuve, tous compris entre $7^{mgr},85$ et $10^{mgr},03$, ne présentent pas de différences bien grandes: en d'autres termes, les eaux pluviales qui, en s'infiltrant dans les bassins des quatre rivières, ont fourni les mélanges d'eaux souterraines analysés, avaient enlevé aux terres végétales traversées des quantités d'azote de même ordre.

L'azote n'est plus aujourd'hui, comme au début de la chimie agricole, la seule mesure de la richesse du sol ; mais il en reste toujours l'élément le plus précieux, et l'on est toujours fondé à penser que les terres les plus fertiles sont aussi celles qui mettent en œuvre le plus de nitrates, et qui par suite en perdent le plus; d'où cette conséquence que les bassins de rivière les plus riches sont en même temps ceux dont les eaux souterraines possèdent les plus hauts titres nitriques. A ce point de vue, s'il n'était pas imprudent de fonder des comparaisons sur quelques résultats d'analyse, il semblerait que le bassin de la haute Seine jusqu'à Montereau et ceux des trois autres rivières, pris dans leur totalité, se classent dans l'ordre décroissant suivant: l'Oise, l'Yonne, la Marne, la haute Seine.

Le tableau ci-dessus montre encore que, du 14 au 28 février, chaque rivière a gardé à peu près un même titre; cependant, entre ces deux dates, les débits des eaux ont subi une baisse considérable. M. G. Lemoine, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a bien voulu, à ma demande, calculer les débits des quatre rivières aux dates où les prises pour analyse ont eu lieu; je lui en adresse ici mes plus vifs remerciements. Les débits de la Seine à Paris n'ont pu être mesurés, parce que les embâcles accumulés devant les ponts

ont rendu inapplicables les formules en usage ; mais ceux du fleuve à Montereau, de l'Yonne, de la Marne et de l'Oise aux points de leur cours déjà mentionnés, ont pu être calculés avec une approximation très suffisante pour l'usage que j'en voulais faire ; les voici :

		mètres cubes.	
Haute Seine . .	16 février.	80	par seconde.
	27 —	80	—
Yonne	16 —	30	—
	27 —	30	(barrage relevé en amont).
Marne	14 —	120	par seconde.
	28 —	55	—
Oise	19 —	167	—
	1 mars.	96	—

Ainsi, les débits des rivières, c'est-à-dire des sources et nappes qui les alimentaient, ont baissé de moitié pendant que les titres nitriques demeuraient à peu près constants, comme si la constitution chimique des eaux était indépendante de leurs débits. Nous savons déjà, par les recherches de Belgrand continuées après lui dans les laboratoires de la ville de Paris, que les titres calciques ont une certaine fixité dans les eaux de sources importantes ; cependant, les quantités de sels calcaires, parmi lesquels domine ordinairement le bicarbonate, sont très variables dans les eaux d'infiltration, au moment où elles sortent de la couche de terre végétale ; elles dépendent en effet de conditions naturelles qui varient sans cesse : l'humidité, la température, la tension de l'acide carbonique dans le sol. Il en est de même pour les nitrates ; leur proportion, souvent considérable en été et en automne, quand la nitrification est en pleine activité, devient presque nulle à la fin de l'hiver, après le lavage par les pluies d'une terre trop froide pour nitrifier. Mais, dans les profondeurs du sol, les dissolutions calciques et nitrées formées à des époques différentes se mélangent et constituent une dissolution moyenne de composition à peu près constante ; les variations des titres de la chaux et de l'acide nitrique s'éteignent dans les réservoirs souterrains comme en de vastes régulateurs. Je reviendrai sur ces importants phénomènes dans la suite de ce Mémoire.

Il faut maintenant essayer de calculer, d'après les résultats analy-

tiques que j'ai rapportés, la quantité d'azote perdu en un temps donné, une année par exemple, par l'unité de surface du sol, soit pour un hectare. Dans le calcul, doit évidemment intervenir le volume des eaux souterraines. Nous ne pouvons le déterminer par le jaugeage des débits des rivières, puisque ces débits sont accrus dans une proportion inconnue par les eaux de ruissellement ; mais, au lieu de mesurer les eaux souterraines après leur sortie de terre, nous pouvons et nous allons en faire l'évaluation à leur entrée.

On connaît, pour le bassin entier de la Seine, le seul que je veuille considérer, la hauteur moyenne des pluies, qui est, en nombre rond, de 700 millimètres ; on est moins fixé sur la fraction de cette hauteur qui s'infiltre réellement, pas plus que sur celle qui ruisselle ou est dissipée par l'évaporation ; ces fractions sont d'ailleurs variables d'une année à l'autre. D'après les observations, en trop petit nombre, qui ont été publiées, la première varierait de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{3}$ de la hauteur totale d'eau tombée ; nous allons la supposer successivement de $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, soit 140, 175, 233 millimètres, représentant des volumes de 1 400, 1 750, 2 333 mètres cubes infiltrés par hectare. D'autre part, nous prendrons pour titre nitrique la moyenne 9^{mgr},33 de tous les dosages qui figurent dans le tableau ci-dessus ; partant de ces données, nous trouvons les nombres suivants :

QUANTITÉ D'EAU infiltrée par hectare.	ACIDE NITRIQUE emporté.	AZOTE correspondant.
mètres cubes	kilogr.	kilogr.
1 400	13,1	3,4
1 750	16,3	4,2
2 333	21,8	5,6

Telles seraient, dans les trois hypothèses, les pertes moyennes d'azote par hectare, dans le bassin de la Seine. Mais, pour être plus près de la réalité, il convient de les estimer plus haut. En effet, le mode d'exploitation du sol a la plus grande influence sur la production des nitrates ; c'est essentiellement dans les terres labourées que la nitrification s'établit ; et l'on admet qu'elle est faible ou nulle dans les sols occupés par les bois, les prairies, les landes. Toutefois, sur ce point, on manque d'observations, et l'on s'en tient à des considérations théoriques. Je ne serais nullement surpris si quelque

observateur démontrait que les bois et les prairies qui couvrent des sols contenant du calcaire, fournissent aux eaux d'infiltration de notables quantités de nitrates. Mais gardons l'opinion générale, et attribuons aux seules terres labourées le pouvoir de nitrifier et, par conséquent, de perdre de l'azote ; elles occupent, d'après la statistique, les deux tiers du territoire agricole ; multiplions donc par $\frac{3}{2}$ les chiffres ci-dessus, pour avoir les pertes moyennes d'un hectare de terre labourée, nous obtenons les chiffres suivants :

QUANTITÉ D'EAU infiltrée par hectare.	ACIDE NITRIQUE emporté.	AZOTE correspondant.
mètres cubes.	kilogr.	kilogr.
1 400	19,6	5,1
1 750	24,5	6,4
2 333	32,7	8,5

Les valeurs de ces pertes en argent sont, en comptant le kilogramme d'azote à 1 fr. 50 :

7^{fr},65, 9^{fr},60, 12^{fr},75.

Les calculs que je viens de présenter n'ont d'autre prétention que de fournir une première et peut-être grossière approximation de l'évaluation des pertes d'azote ravi par les eaux d'infiltration ; toutefois, ils démontrent que ces pertes sont beaucoup moindres qu'on ne l'admet généralement, en se fondant sur les analyses publiées d'eaux de drainage. Je suis persuadé qu'elles sont plus que balancées par l'absorption spontanée de l'ammoniaque atmosphérique ; j'ai montré, en effet, qu'une terre nue et humide emprunte à l'air, en un mois, 5 kilogr. d'azote ammoniacal par hectare ; sous notre climat, les terres labourées restent, pour la plupart, en cet état, l'hiver, pendant plusieurs mois. Toutes les terres calcaires ou non calcaires, capables de porter des céréales, réalisent à peu près un même gain d'ammoniaque ; mais les pertes d'azote se répartissent très inégalement entre elles ; ces pertes sont proportionnées à l'intensité de la nitrification, et cette intensité est proportionnée à la fertilité des sols ; on peut donc assimiler les pertes d'azote à un impôt proportionnel sur les terres labourables, qui pèse peu sur les pauvres, et ne grandit qu'avec leur richesse.

II. — Variations du titre nitrique pendant treize mois consécutifs dans les eaux de la Seine, de l'Yonne, de la Marne et de l'Oise.

Après avoir déterminé les quantités d'acide nitrique que contenaient, dans les conditions climatériques toutes spéciales du mois de février 1895, les eaux de la Seine et de ses trois affluents principaux, j'ai pensé qu'il serait utile de continuer ces dosages, malgré leur monotonie, au moins pendant une année, afin d'acquérir, sur ce qu'on pourrait appeler le régime nitrique des rivières, des notions que n'ont pu donner jusqu'à présent quelques dosages isolés, sans suite, faits à des dates quelconques. Je vais, dans ce chapitre, présenter et discuter les résultats que j'ai obtenus dans cette voie, du mois de février 1895 au même mois de l'année 1896.

Les échantillons d'eau ont été puisés aux lieux déjà indiqués, savoir :

Pour la Seine, au-dessus de Montereau, au-dessus de Charenton, et, dans Paris, à la hauteur du pont des Invalides ;

Pour les autres rivières, à la fin de leur cours, mais avant leur confluent avec le fleuve.

Les prises, au pont des Invalides, ont été répétées au moins une fois et deux fois le plus souvent, par semaine ; toutes les autres ont été faites à peu près une fois par mois ; on a toujours usé des précautions déjà mentionnées pour éviter toute altération des nitrates.

		YONNE À MONTEREAU.		MARNE À CHARENTON.		OISE À PONTOISE.	
		Dates.	Acide nitrique.	Dates.	Acide nitrique.	Dates.	Acide nitrique.
		—	—	—	—	—	—
			milligr.		milligr.		milligr.
1895	Février . .	16	8,54	16	9,01	16	10,68
—	— . .	27	9,73	28	7,80	»	»
—	Mars . . .	»	»	»	»	1	9,38
—	Avril . . .	9	7,18	10	4,78	11	7,06
—	— . . .	16	6,71	19	5,34	»	»
—	Mai. . . .	9	5,34	10	4,87	11	6,78
—	Juin. . . .	8	4,98	10	3,99	12	6,80
—	Juillet. . .	12	3,98	13	3,86	15	6,65
—	Août . . .	9	3,51	10	3,84	12	6,43

		YONNE À MONTEREAU.		MARNE À CHARENTON.		OISE À PONTOISE.	
		Dates.	Acide nitrique.	Dates.	Acide nitrique.	Dates.	Acide nitrique.
		—	—	—	—	—	—
			milligr.		milligr.		milligr.
1895	Septembre .	19	3,13	20	3,27	»	»
—	Octobre . .	»	»	»	»	»	»
—	Novembre .	6	5,22	8	5,36	9	7,32
—	Décembre .	13	7,09	14	6,48	16	6,66
1896	Janvier . .	30	9,25	31	7,60	»	»
—	Février . .	»	»	»	»	1	8,96

Seine.

		AVANT MONTEREAU.		AVANT CHARENTON.		AU PONT DES INVALIDES[1].	
		Dates.	Acide nitrique.	Dates.	Acide nitrique.	Dates.	Acide nitrique.
		—	—	—	—	—	—
			milligr.		milligr.		milligr.
1895	Février . .	16	7,66	15	9,84	19	8,67
—	— . .	27	8,04	28	10,59	28	9,00
—	Mars . . .	»	»	»	»	»	»
—	Avril . . .	9	3,48	10	5,35	10	5,15
—	— . . .	16	5,25	19	6,30	19	6,19
—	Mai. . . .	9	6,07	10	5,81	11	5,57
—	Juin. . . .	8	4,87	10	4,87	10	4,80
—	Juillet. . .	12	4,14	13	4,18	13	4,15
—	Août . . .	9	4,11	10	4,03	10	4,29
—	Septembre .	19	4,38	20	4,09	20	3,85
—	Octobre . .	»	»	»	»	»	»
—	Novembre .	6	5,53	8	6,50	8	6,38
—	Décembre .	13	7,13	14	7,23	14	7,13
1896	Janvier . .	30	7,66	31	9,92	31	8,62
—	Février . .	»	»	»	»	15	8,94

Les résultats inscrits dans ces deux tableaux deviennent plus frappants, quand on les met sous la forme de graphiques, en prenant pour abscisses les dates des prises et pour ordonnées les quantités d'acide nitrique. J'ai dressé de la sorte deux graphiques ; à l'aide du premier, on peut comparer facilement les variations de l'acide ni-

1. Il m'a paru inutile de surcharger le tableau d'une centaine de dosages dans l'eau de Seine puisée au pont des Invalides. Parmi ces dosages, je ne fais figurer que ceux dont les dates correspondent à peu près à celles des dosages effectués dans les eaux puisées à Montereau et à Charenton.

trique dans la haute Seine, l'Yonne, la Marne et l'Oise; le second fait voir comment cet acide varie dans la Seine en divers points de son cours.

Un coup d'œil sur la figure 1 révèle une concordance assez inattendue entre les variations des titres nitriques dans les quatre rivières; les titres les plus élevés se sont produits en même temps au mois de février 1895, à la fin de la période des grands froids, quand les rivières étaient exclusivement alimentées d'eaux souterraines; puis les titres ont subi une baisse rapide, à la suite du dégel survenu en mars et des ruissellements qui en ont été la conséquence. En avril et mai, ils continuent à baisser dans l'Oise et l'Yonne; ils se relèvent un peu dans la Marne et la haute Seine, pour redescendre bientôt après. Pendant la saison chaude, tous restent voisins de leurs minima. Cependant, l'été de 1895 ayant été passablement sec, les rivières n'ont guère reçu de ruissellements, et leur alimentation s'est faite surtout par les eaux souterraines qui leur ont apporté tout leur approvisionnement de nitrates. Une partie de ces sels a donc disparu, et c'est évidemment la végétation aquatique qui l'a consommée. Ses effets sont d'autant plus manifestes, qu'elle s'exerce dans de moindres volumes d'eau, et que la température est plus élevée, deux conditions qui ont été réalisées d'une façon exceptionnelle pendant le mois de septembre; la chaleur a été très forte, durant plusieurs semaines, et le débit de la Seine à Paris est tombé à 55 mètres cubes; de plus, les barrages, en retenant les eaux, prolongeaient singulièrement leur séjour en rivière; ainsi, la végétation avait, pour consommer les nitrates, toute l'activité possible et tout le temps nécessaire; il en est résulté que les titres sont alors descendus à leurs limites inférieures. A partir d'octobre, ils sont remontés progressivement, et, en février 1896, ils ont atteint de nouveau, comme en février 1895, des valeurs élevées.

Cette analyse des variations des titres nitriques nous montre comment elles dépendent des conditions climatériques, et nous explique en même temps leur concordance dans les quatre rivières. En effet, les observations des stations météorologiques apprennent que, suivant l'expression de Belgrand, le climat est homogène dans tout le bassin de la Seine; toute l'étendue de ce bassin est envahie à peu

près en même temps par les pluies, les sécheresses, le froid, la chaleur ; c'est donc en même temps que tous les cours d'eau reçoivent les ruissellements qui atténuent leurs titres, ou sont soutenus par les eaux souterraines qui les élèvent ; c'est en même temps que leurs nitrates éprouvent l'action conservatrice du froid, ou l'action inverse de la chaleur. Ainsi, les conditions climatériques gouvernent le régime nitrique des rivières, aussi bien que leurs crues, leurs basses eaux, leur limpidité, leur température, et, comme elles s'étendent en même temps à tout le bassin de la Seine, dans tout le bassin aussi les régimes nitriques des rivières ont les mêmes allures.

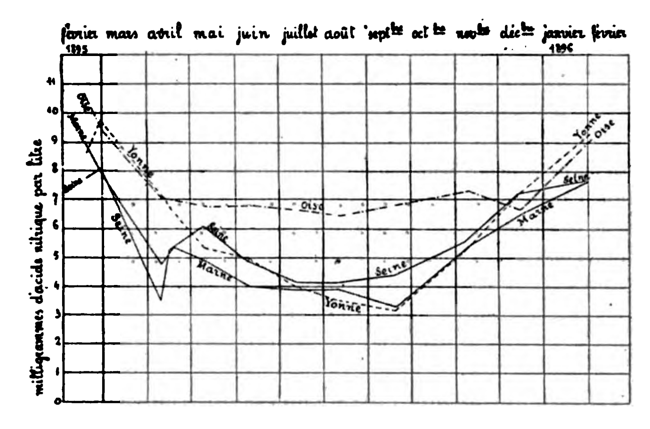


Fig. 1.

Les circonstances qui favorisent les titres élevés se produisent pendant la saison froide (novembre-avril), et celles qui leur sont contraires, pendant la saison chaude (mai-octobre) ; en conséquence, des graphiques dressés comme ceux de la figure 1, pour d'autres années, en présenteraient la forme générale ; mais ils seraient infiniment variés dans les détails, au gré des caprices de l'atmosphère. Si quelque observateur, par exemple, avait exécuté, en 1876, le travail auquel je me suis livré en 1895, tous ses tracés auraient présenté au mois de mars des chutes exceptionnelles, en raison de la crue des cours d'eau dans tout le bassin, qui fut pour la Seine l'une des trois plus grandes depuis le commencement du siècle. Le 17 mars, Belgrand constatait que le débit du fleuve s'élevait à

1 660 mètres cubes, et Boussingault ne trouvait dans ses eaux que la très minime quantité de 1^{mgr},2 d'acide nitrique par litre.

On voit, par la figure 1, que l'Oise a maintenu son titre entre 6 et 7 milligrammes pendant toute la saison chaude, bien au-dessus de ceux des autres rivières. La richesse agricole du bassin de l'Oise n'est probablement pas sans influence sur cette supériorité ; mais je lui trouve encore une autre cause. Le *Manuel hydrologique du bassin de la Seine* donne, pour chaque bassin partiel important, la hauteur moyenne des pluies et l'étendue des terrains perméables, les seuls qui recèlent les eaux souterraines. En multipliant cette étendue par la hauteur des pluies correspondantes, on obtient la quantité d'eaux pluviales reçues par les terrains perméables de chaque bassin ; on trouve ainsi que

	MILLIARDS de mètres cubes.
Le bassin de la haute Seine, jusqu'à Montereau, reçoit. .	6,4
Celui de l'Yonne	5,0
Celui de la Marne.	7,1
Celui de l'Oise	10,8

En admettant que, chaque année, la hauteur d'eau infiltrée soit à peu près la même pour les divers bassins, on doit croire que le bassin de l'Oise emmagasine plus d'eaux souterraines que les autres ; de fait, cette rivière doit à la constitution de son bassin, composé partout de terrains perméables, sauf près de sa source, de se mieux soutenir pendant l'étiage. Or, si son débit est alors plus considérable que celui des cours d'eau que nous lui comparons, son approvisionnement en nitrates est donc aussi plus considérable, et, toutes choses égales, une même perte de nitrates occasionnée par la végétation doit moins affecter son titre nitrique.

La figure 2 fait voir nettement que, pendant l'hiver, en l'absence de toute végétation, quand la Seine est alimentée par les seules eaux souterraines, son titre nitrique varie sensiblement tout en restant élevé, en divers points de son cours. Le 27 février 1895, je lui ai trouvé le titre de 8^{mgr},04 à son arrivée à Montereau ; le même jour, l'Yonne me donnait 9^{mgr},75 ; elle devait donc par son mélange avec le fleuve augmenter son titre. De plus, entre le confluent de

l'Yonne et celui de la Marne, la Seine reçoit plusieurs affluents dont le principal est le Loing[1], et les nappes souterraines de la riche vallée qu'il traverse; toutes ces eaux sont encore plus chargées de nitrates que celles de l'Yonne; aussi, à l'arrivée à Charenton, le titre s'élève le 28 février à 10^mgr,59. Mais celui de la Marne est alors seulement de 7^mgr,8; cette rivière abaisse donc le titre de la Seine qui n'est plus à Paris, le 28 février, que de 9 milligr. Pendant la saison chaude, les différences que je viens de signaler entre les titres de la haute Seine, de l'Yonne et de la Marne disparaissent; les bas titres sont très voisins et se confondent presque dans les graphiques;

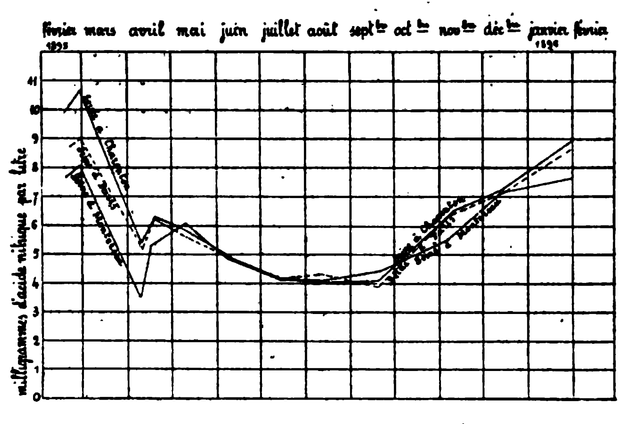


Fig. 2.

mais, à la fin de janvier, quand a repris l'alimentation presque exclusive des rivières par les eaux souterraines, les titres se différencient de nouveau et se classent dans le même ordre qu'en février 1895.

Il serait intéressant de continuer pendant plusieurs années la détermination des plus hauts titres dans toutes les rivières d'une certaine importance tributaires de la Seine, au moment où leurs eaux représentent fidèlement les mélanges des eaux souterraines de leurs bassins. Si, selon l'hypothèse émise au chapitre Ier, la richesse en nitrates de ces eaux va de pair avec la fertilité des sols, une classification des bassins selon les titres nitriques de leurs eaux souterraines

1. On va voir un peu plus loin que cette rivière et l'Essonne sont sensiblement plus riches que la Seine.

devra être conforme, dans une certaine mesure, à la classification selon la richesse agricole dressée à l'aide des documents statistiques publiés par le ministère de l'agriculture.

J'ai commencé cette étude des plus hauts titres des tributaires de la Seine, au mois de février 1896 ; mais, les conditions climatériques venant à changer, il ne m'a plus été permis de la continuer ; je compte la reprendre l'hiver prochain. Voici, en attendant, quelques résultats :

Bassin de la Marne .	18 février.	Grand-Morin, à Esbly . . .	10mg.64
		Petit-Morin, à la Ferté . .	8 ,23
— de l'Eure . .	17 —	Blaise, au-dessus de Dreux.	15 ,47
		Avre, à Nonancourt. . . .	12 ,62
— du Loing . .	19 —	Loing, à Moret	11 ,82
— de l'Essonne .	20 —	Essonne, à Corbeil	12 ,10
A la même époque, je trouvais dans la Seine, à Paris.			8 ,10

M. G. Lemoine, avec son inépuisable complaisance, a bien voulu recommencer, pour les débits de la Seine à Paris, aux dates de mes prises d'échantillons, les calculs par lesquels il avait déterminé déjà les débits de la haute Seine, de l'Yonne, de la Marne et de l'Oise en février 1895. Dans le tableau suivant, j'ai placé en regard les titres nitriques et les débits correspondants.

DATES.	TITRES nitriques.	DÉBITS par seconde.
—	— milligr.	— mètres cubes
19 février 1895	8,67	230
28 —	9,00	100
10 avril	5,15	465
19 —	6,19	170
11 mai.	5,57	90
10 juin	4,80	95
13 juillet.	4,15	70
10 août	4,29	80
20 septembre	3,85	55
8 novembre	6,38	80
14 décembre	7,13	350
31 janvier 1896	8,62	225
15 février	8,94	125

Ce tableau ne montre aucune relation apparente entre les titres et les débits, à part la diminution qui affecte les uns et les autres

pendant l'étiage ; il n'en peut être autrement, puisqu'un même débit peut être produit par les mélanges les plus divers d'eaux souterraines et d'eaux de ruissellement, et que, pendant qu'on l'observe, la végétation aquatique peut avoir tous les degrés possibles d'activité. Nous retiendrons seulement cette observation qu'au mois de février 1896, la Seine ne roulant que des eaux souterraines, j'ai trouvé les mêmes hauts titres 8^{mgr},62 — 8^{mgr},94 qu'au mois de février 1895, 8^{mgr},67 — 9 milligr., ce qui confirme l'hypothèse émise au chapitre Ier, d'après laquelle le mélange des eaux souterraines d'un bassin de rivière possède un titre à peu près constant, au moins pendant treize mois consécutifs.

Il est possible que ce titre moyen soit assujetti à des variations lentes, déterminées par la succession en séries des années humides, sèches ou normales ; les progrès dans la culture du sol peuvent aussi l'influencer. Des recherches ultérieures feront connaître l'amplitude de ces variations ; tout ce qu'il est permis de supposer jusqu'à présent, c'est que le titre nitrique des eaux souterraines d'un bassin est exempt de sauts brusques et se soutient à peu près le même au cours d'une année.

III. — L'acide nitrique dans les eaux des sources de la Vanne et de la Dhuis.

Les déterminations de l'acide nitrique dans les eaux de source dérivées à Paris, exécutées d'abord dans le seul but d'ajouter quelques renseignements à ceux que m'avaient donnés les eaux de la Seine, de l'Yonne, de la Marne et de l'Oise, ont pris un intérêt dont je ne me doutais pas d'abord, quand j'ai compris qu'elles pouvaient intervenir utilement comme élément de discussion dans la recherche et le choix des eaux potables.

On sait qu'il y a des distinctions à établir entre les sources : les unes débitent des eaux parfaitement filtrées, bien dépouillées de matière organique après un séjour prolongé dans un terrain oxygéné ; ce sont de vraies sources offrant les meilleures garanties de salubrité. D'autres ne sont évidemment que des issues par lesquelles réapparaissent au jour des rivières qui se sont perdues, en

partie ou en totalité, dans des terrains très perméables ; ce sont de fausses sources, dont les eaux plus ou moins contaminées par une première circulation à la surface du sol, n'ont pas été complètement débarrassées de leurs souillures pendant leur voyage souterrain. D'autres, enfin, ne sauraient être rangées sûrement ni parmi les vraies ni parmi les fausses sources ; elles sont seulement suspectes, parce que l'on peut craindre que leurs eaux, quoique fraîches, limpides et pures en apparence, ne soient des mélanges d'eaux de vraies sources et d'eaux de rivière ou de ruissellement venues par des voies trop rapides, trop larges, qui les ont affranchies d'une parfaite filtration. C'est à distinguer les sources vraies des sources fausses ou suspectes que peut servir l'étude du titre nitrique.

Admettons en effet, provisoirement, que ce titre, dans une vraie source, demeure, sinon constant, du moins compris entre des limites peu écartées. Nous savons qu'il est très faible dans les eaux de ruissellement, et très variable dans une eau de rivière ; si donc une source n'est que la réapparition d'une rivière, ou un mélange en proportions diverses d'eaux souterraines et d'eaux de ruissellement, son titre doit être essentiellement variable. Ainsi, semble-t-il, la nature d'une source peut être reconnue à l'amplitude des variations de son titre nitrique.

Un tel moyen d'information, je tiens à le faire remarquer, ne peut permettre de décider, avec une entière certitude, si l'eau d'une source doit être acceptée ou rejetée comme boisson. L'eau de rivière ou de ruissellement n'est pas nécessairement souillée de germes infectieux, parce qu'elle a coulé quelque temps à la surface du sol ; le serait-elle, que ces germes peuvent être arrêtés en chemin, avant d'arriver à la source, si l'eau rencontre et traverse quelque terrain sableux qui en opère la filtration. Mais les procédés en usage pour l'étude des eaux potables ne sont pas non plus parfaits, bien au contraire ; en certains cas, mais non pas dans tous les cas, ils révèlent la mauvaise qualité de ces eaux, mais ils ne permettent guère d'affirmer qu'elles sont absolument impropres à l'alimentation. Le mode d'examen que je propose fournira un élément de plus pour la solution de la question, élément qui pourra montrer qu'une eau est suspecte, quand les autres méthodes ne l'indiqueraient pas.

Ce n'est pas le moment d'insister sur les services que l'hygiène peut en attendre ; le plus pressé est maintenant de savoir si réellement le titre nitrique d'une vraie source est peu variable.

Je vais étudier à ce point de vue les eaux de la Vanne et de la Dhuis ; j'examinerai plus tard celles de l'Avre qui en diffèrent très nettement.

Grâce à l'autorisation qui m'a été accordée avec empressement par M. Humblot, inspecteur général des ponts et chaussées et directeur du service des eaux, j'ai pu faire les prises d'échantillons aux débouchés mêmes des aqueducs de la Vanne, de la Dhuis et de l'Avre dans leurs réservoirs respectifs de Montsouris, Ménilmontant et Passy.

Dans les deux tableaux qui vont suivre on trouvera les déterminations de la chaux à côté de celles de l'acide nitrique, et l'on se demandera peut-être pourquoi j'ai ajouté le dosage de l'alcali à celui de l'acide ; peut-être aussi voudra-t-on savoir pourquoi, dans une question où les conclusions doivent reposer sur l'analyse chimique, je m'en tiens au dosage de deux éléments, au lieu de les déterminer tous, sulfates, chlorures, bicarbonates alcalins ou terreux, silice, gaz dissous, matière organique. Je répondrai qu'il s'agit uniquement ici de saisir des différences de constitution chimique entre les eaux de source, d'une part, et celles de rivière ou de ruissellement, d'autre part. S'agit-il de différencier les eaux de source de celles de rivière ? Ce sont surtout la matière organique et l'acide nitrique qui les distinguent ; ni la silice, ni les sels autres que les nitrates, ni les gaz dissous ne fournissent des différences qu'on puisse utilement interpréter. Le dosage, précis, direct de la matière organique est une opération trop longue, trop délicate, pour être répétée un grand nombre de fois ; je m'en suis abstenu, ne voulant pas surcharger mes recherches d'un énorme travail. C'est encore l'acide nitrique qui établit une différence essentielle entre les eaux de source et celles de ruissellement ; mais il n'est pas le seul élément à doser ; il convient de déterminer en même temps la chaux, parce qu'elle est bien plus abondante dans les premières et sert dès lors à les distinguer des secondes. J'ai donc toujours dosé cette base, non par le procédé dit *hydrotimétrique,* qui, s'il est très rapide, satisfait peu un analyste, mais par la méthode usuelle qui consiste à l'isoler à l'état d'oxalate insoluble. Voici maintenant les deux tableaux annon-

cés : l'acide nitrique et la chaux y sont exprimés en milligrammes et rapportés à 1 litre d'eau[1].

Vanne.

DATES.	ACIDE nitrique. — milligr.	CHAUX. — milligr.
4 mars 1895	10,08	111,2
2 avril	9,86	111,2
18 —	10,14	110,6
28 —	10,16	111,1
13 mai	10,13	113,6
1 juin	9,51	115,8
4 juillet	9,81	116,3
1 août	9,85	117,9
27 —	10,00	115,4
28 septembre	9,81	125,3[2]
28 octobre	10,07	111,3
26 novembre	10,00	112,4
28 décembre	10,70	113,9
29 janvier 1896	11,34	111,3
21 février	10,95	114,3
27 —	10,86	115,4
19 mars	10,57	114,4
13 avril	10,82	113,1

Dhuis.

DATES.	ACIDE nitrique.	CHAUX.
9 mars 1895	11,30	112,1
18 avril	11,82	112,4
28 —	11,80	112,6
14 mai	11,74	112,4
1 juin	11,65	106,5
4 juillet	11,93	104,8
31 —	11,90	103,3
27 août	10,40	99,8
28 octobre	11,92	94,0
26 novembre	11,80	95,6
28 décembre	11,99	109,2
29 janvier 1896	11,30	106,9
27 février	12,08	103,8
18 mars	11,03	»
13 avril	11,82	118,5

1. L'acide nitrique a toujours été dosé dans le résidu d'évaporation de 4 litres ; la chaux a été dosée dans 1 litre préalablement filtré.

2. Il est probable que ce chiffre est trop fort de 10 milligr. ; dans la lecture du poids, on a dû prendre le poids de 10 milligr. pour le poids de 20 milligr.

Voici les titres moyens de l'acide et de la chaux, et les plus grands écarts en deçà ou au delà de ces titres :

	VANNE.		DHUIS.	
	Acide nitrique.	Chaux.	Acide nitrique.	Chaux.
	— milligr.	— milligr.	— milligr.	— milligr.
Titres moyens.	10,26	114,2	11,61	106,5
Écarts les plus grands au-dessus des titres. . . .	+1,08	+11,1	+0,42	+12
Écarts les plus grands au-dessous des titres . . .	—0,75	— 3,6	—1,21	—12,25

On voit que l'écart le plus grand est, pour l'acide nitrique, dans les deux eaux, d'environ $\frac{1}{10}$ des titres moyens ; pour la chaux, il est

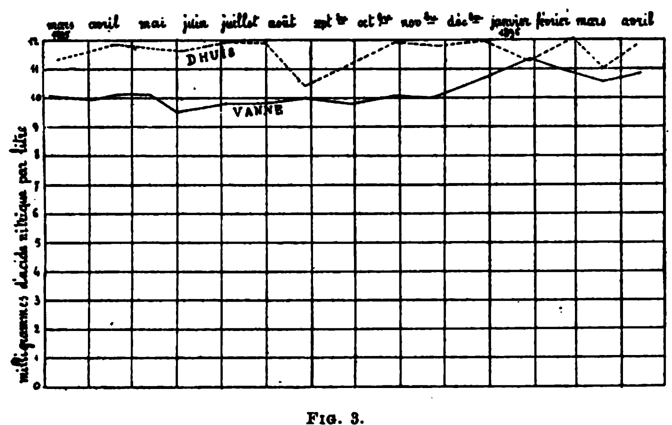


Fig. 3.

un peu moindre dans l'eau de la Vanne, un peu plus grand dans celle de la Dhuis.

Quelques observations intéressantes sont suggérées par la représentation graphique des variations des titres nitriques et calciques dans les deux eaux :

La figure 3 fait voir que les variations du titre nitrique dans l'eau de la Vanne n'ont aucune relation avec celles qu'on observe dans l'eau de la Dhuis ; la figure 4 montre que les variations des titres calciques sont dans le même cas. Il en serait autrement si toutes ces variations étaient sous la dépendance immédiate des circons-

tances climatériques, comme le sont les débits des sources, lesquels en même temps, s'élèvent après les pluies d'hiver ou s'abaissent par l'effet des sécheresses. Elles dépendent probablement des accidents de la surface et de l'intérieur des bassins des eaux : il suffit que ces accidents diffèrent d'un bassin à l'autre pour que les variations qu'ils occasionnent ne concordent ni dans le temps, ni dans leur grandeur.

On n'aperçoit pas davantage de concordance entre les variations du titre nitrique et du titre calcique dans chacune des deux eaux. Elles concorderaient sûrement si, dans une eau de source, les quantités de nitrates et de sels calcaires, parmi lesquels domine le bicarbonate, se trouvaient toujours dans un rapport constant ; mais nous savons au contraire que les conditions de la formation du bicarbonate de chaux et celles de la nitrification sont fort différentes ; la chaleur développe la nitrification, mais restreint la production du bicarbonate ; le froid arrête la formation des nitrates et favorise celle du sel calcaire ; la sécheresse laisse intacts les nitrates formés et détruit le bicarbonate. Au reste, pendant qu'elles traversent un terrain et y séjournent, les eaux peuvent perdre une partie de leur bicarbonate, ou en acquérir de nouveau, selon que la tension du gaz carbonique diminue ou augmente dans l'atmosphère ambiante, tandis que la quantité des nitrates demeure invariable. De ces expli-

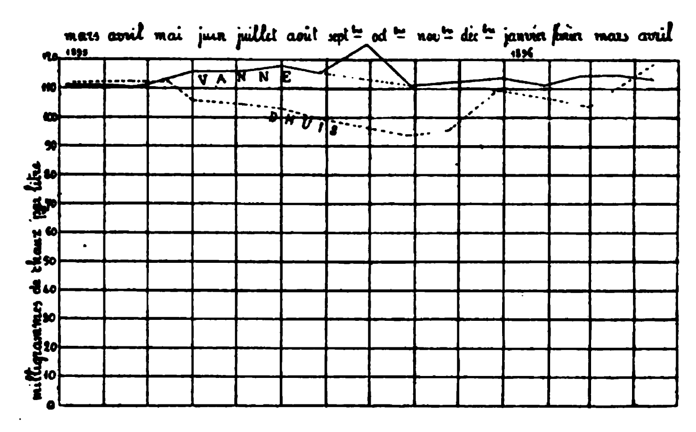


Fig. 4.

cations il résulte que les titres nitrique et calcique sont indépendants l'un de l'autre ; donc leurs variations ne peuvent être que discordantes.

Il est intéressant de comparer les titres des deux sortes avec les débits des sources. Ces débits sont fréquemment relevés par le service des eaux ; M. Humblot a bien voulu me les communiquer. Dans le tableau suivant, j'ai mis les plus forts et les plus faibles débits, exprimés en litres et rapportés à la seconde, en regard des titres correspondants.

Vanne.

	DATES.	DÉBITS.	ACIDE nitrique.	CHAUX.
	—	—	—	—
		litres	milligr.	milligr.
Débits les plus forts.	2 avril 1895. . . .	1 533	9,86	111,2
	29 janvier 1896. . .	1 645	11,34	111,3
	21 février	1 583	10,95	114,3
	9 mars.	1 576	10.57	114,7
Débits les plus faibles.	28 septembre 1895 .	1 166	9,81	125,3
	28 octobre.	1 120	10,07	111,3
	26 novembre	1 132	10,00	112,4

Dhuis.

Débits les plus forts.	14 mai 1895. . . .	208	11,74	112,4
	27 août.	186	10,40	99,8
	9 mars 1896 . . .	215	11,03	»
Débits les plus faibles.	28 octobre 1895 . .	178	11,92	94,0
	26 novembre. . . .	173	11,80	95,6

Ce tableau montre qu'il n'y a pas de rapport entre les débits des sources et les titres de leurs eaux. Nous avons déjà fait la même observation, après avoir comparé les débits de la Seine en divers points de son cours, de l'Yonne, de la Marne et de l'Oise, avec les titres nitriques trouvés dans ces rivières aux époques où elles étaient exclusivement alimentées d'eaux souterraines exemptes d'altération : pendant que les débits variaient dans le rapport de 2 à 1, les titres restaient à peu près constants, et celui de la Seine à Paris se reproduisait le même, dans des circonstances semblables, à un an d'intervalle. Ainsi, la constance que nous avons trouvée dans des eaux souterraines, mélanges d'eaux d'un grand nombre de sources,

nous la retrouvons maintenant dans les eaux de grandes sources isolées.

Bornons-nous, pour le moment, à enregistrer tous ces résultats d'études analytiques ; nous les interpréterons sans peine à la fin du chapitre qui va suivre.

IV. — Constance de la constitution minérale des grandes sources.

Je vais maintenant essayer d'expliquer pourquoi, dans les eaux des sources importantes, les proportions des éléments minéraux, celles de l'acide nitrique et de la chaux en particulier, doivent demeurer comprises entre des limites rapprochées.

Les géologues divisent les terrains perméables en deux catégories, au point de vue de leurs rapports avec l'eau ; les terrains sableux, et ceux qui sont formés de roches stratifiées ou non. J'adopterai la même division, et m'occuperai d'abord des terrains sableux, non sans faire observer que le mot *sableux* veut dire composé de menus débris de roches, y compris le calcaire fin et l'argile plus fine encore, aussi bien que les sables proprement dits ; il ne signifie pas, comme pourrait le croire un agriculteur, que ces menus débris sont entre eux sans cohésion.

Je considère donc un terrain sableux, en son état d'humectation normale, celui auquel il revient quand il s'est ressuyé spontanément après une sursaturation passagère. Survient une pluie qui occasionne une nouvelle infiltration d'eau ; si le terrain était absolument gorgé d'eau, que tous les interstices entre ses éléments en fussents remplis, personne ne douterait que ce nouvel apport ne déterminât un mouvement général de toute la masse liquide, de façon qu'il sortît par le bas du terrain autant d'eau qu'il en serait entré par le haut. Mais je suis en présence d'un terrain ressuyé, c'est-à-dire dont tous les éléments, mouillés à la vérité d'une mince couche d'eau, laissent place cependant dans leurs interstices aux gaz de l'atmosphère ; c'est un état très différent de celui de la saturation complète, état, d'ailleurs, qui est normal dans toute l'épaisseur d'un terrain sableux comprise, en remontant, entre la nappe sou-

terraine où aboutissent toutes les infiltrations, et la couche de terre où l'appel de l'eau vers la surface pour les besoins de l'évaporation ne se fait plus sentir. Néanmoins, les mouvements de l'eau sont les mêmes dans un terrain ressuyé que dans celui qui serait exactement rempli ; une nouvelle infiltration y produit encore un déplacement général qu'on se représentera fidèlement en supposant l'existence d'une multitude de tranches égales et parallèles à la surface se transmettant de l'une à l'autre le liquide qui les imbibe, de manière que l'eau qui sort du terrain est précisément celle qui occupait la tranche la plus basse.

Je n'en dirai pas plus sur le mécanisme de ce phénomène ; je l'ai décrit et expliqué sous le nom de *déplacement* dans les *Contributions à l'étude de la chimie agricole* (Encyclopédie de Frémy). Je m'en suis servi pour extraire de diverses terres végétales, sans altération ni dilution, les dissolutions qui s'y trouvaient contenues. Mais il faut que je signale ici l'importance capitale de son rôle dans la purification des eaux par le sol : en réglant les mouvements des infiltrations de manière qu'elles se suivent méthodiquement selon l'ordre de leurs dates, il les oblige à séjourner dans le sol, au contact de l'oxygène et des organismes purificateurs, pendant des temps à peu près égaux, suffisants pour la complète épuration. Il n'en serait plus ainsi, et la pureté des eaux serait compromise, si certaines de ces infiltrations, précipitant leurs mouvements, et devançant les autres, pouvaient arriver à la source avant le temps voulu.

Ces notions si simples, si élémentaires, je les ai inutilement cherchées dans les meilleurs ouvrages d'hydrologie. Dans l'étude des mouvements de l'eau, les auteurs ne tiennent guère compte des différences de constitution dues aux matières dissoutes, encore moins du déplacement des dissolutions successivement formées par les infiltrations ; pour eux, semble-t-il, l'eau est partout un même liquide, dont ils n'analysent pas le mode de cheminement dans les sols. Cette absence de distinctions est la cause d'erreurs très répandues : combien de gens, par exemple, qui, voyant une source grossir après des pluies, s'imaginent que l'eau sortant de terre sous leurs yeux est précisément celle que ces pluies ont apportée, et qui partent de là pour calculer le temps qu'elle a mis à se transporter de

la surface du sol jusqu'à la source ! Ce temps est, en réalité, celui de la *propagation* du déplacement, c'est-à-dire de la transmission, de l'une à l'autre des tranches dont il a été déjà question, des excédents d'eau qu'elles ne peuvent retenir. Confondre la propagation du déplacement avec le transport effectif d'une même quantité d'eau, de l'origine à la fin de l'espace occupé par les infiltrations, c'est à peu près donner à toute une masse liquide la vitesse d'une onde qui court à sa surface.

Les eaux souterraines ne vont pas si vite ; dans les terrains d'où sortent les sources, elles séjournent beaucoup plus longtemps et se meuvent beaucoup plus lentement qu'on ne pense. Voici un calcul très simple, propre à fixer les idées sur ce point. Supposons que la densité apparente d'un terrain soit de 1,5, c'est-à-dire que, sous le volume de 1 litre, il pèse $1^{kgr},5$, et que sa capacité d'humectation normale, en d'autres termes, que la proportion d'eau qu'il peut retenir après ressuyage, soit de 10 p. 100 de son poids ; ces hypothèses ne sont nullement exagérées. Supposons encore que la hauteur des pluies soit pour une année de 600 millimètres, dont le tiers s'infiltre dans le sol. Une tranche de terrain de 1 mètre d'épaisseur retiendra une tranche d'eau de $0^m,10 \times 1,5$ ou $0^m,15$ d'épaisseur : donc, pour retenir une tranche de $\frac{600^{mm}}{3}$, il suffira d'une tranche de terrain de $1^m,33$; en sorte qu'avec une épaisseur de 10 mètres seulement au-dessus d'une source, ou plutôt au-dessus de la nappe souterraine qui l'alimente, le terrain emmagasinera les eaux d'infiltration de plus de sept années, ce qui veut dire que ces eaux mettront tout ce laps de temps à descendre de sa surface jusqu'à la nappe.

Après cette digression sur le jeu et l'importance du *déplacement*, je reviens au terrain sableux que j'envisageais ci-dessus, et reprends ma démonstration interrompue : il s'agit de mettre en évidence les circonstances qui tendent à unifier la constitution des eaux des grandes sources, en déterminant le mélange d'infiltrations datant d'époques différentes.

Les apports successifs des pluies forment dans la couche végétale autant de dissolutions qui s'en échappent à tour de rôle en empor-

tant des quantités très diverses de nitrates, de bicarbonate calcaire et autres sels. Ces dissolutions descendent dans le sol en se déplaçant, et conservent d'abord leurs différences ; aussi trouve-t-on des variations considérables de composition, surtout en ce qui concerne les nitrates, dans les eaux de drainage ordinaires, qui sont recueillies, à la faible profondeur de 1^m,2 à 1^m,5, dans une canalisation parallèle à la surface du terrain et alimentée partout en même temps de dissolutions contemporaines. Mais les déplacements ne s'opèrent pas avec une précision mathématique ; à mesure qu'ils se multiplient par leur progrès en profondeur, les dissolutions successives subissent d'inévitables mélanges qui sont évidemment une première cause d'unification de la constitution des eaux.

En voici une autre d'un effet plus assuré.

Que les dissolutions se mêlent ou non en se déplaçant, on peut toujours diviser le terrain par la pensée en tranches successives contenant chacune une des dissolutions ; or, dans un terrain sableux, toutes les infiltrations aboutissent à une nappe continue, dont la surface, modelée selon le relief du sol, est nécessairement inclinée partout vers une issue, c'est-à-dire une source. En raison même de son inclinaison, cette nappe coupe un certain nombre de tranches du terrain, et en reçoit des dissolutions de constitutions et d'âges

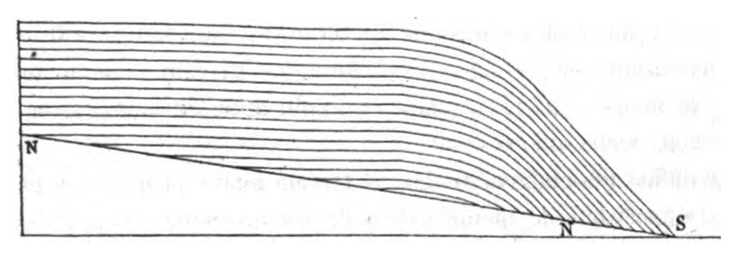


Fig. 5.

différents dont elle opère le mélange. C'est ce que représente la coupe ci-dessus (fig. 5) d'une portion d'un bassin de source, où l'on a figuré des tranches, une source S et une nappe N.

Plus la source est importante, plus son bassin a d'étendue, et plus loin se prolongent les pentes diverses de la nappe ; plus grand est le nombre de tranches coupées et de dissolutions mêlées ; plus les

proportions des éléments variables, comme l'acide nitrique et le bicarbonate de chaux, tendent vers des valeurs constantes. Quand on compare la faible hauteur de terrain qui suffit pour emmagasiner les infiltrations d'une année à la hauteur bien plus considérable des points culminants de la nappe au-dessus de la source, on conçoit que cette nappe reçoive et mêle des infiltrations datant de saisons et même d'années différentes, et qu'ainsi les variations de l'intensité de la nitrification et de la formation du bicarbonate de chaux se fondent dans le mélange final qui constitue l'eau de source.

Quand le relief du bassin d'une source est accidenté, et c'est le cas général, les distances que les infiltrations ont à parcourir pour

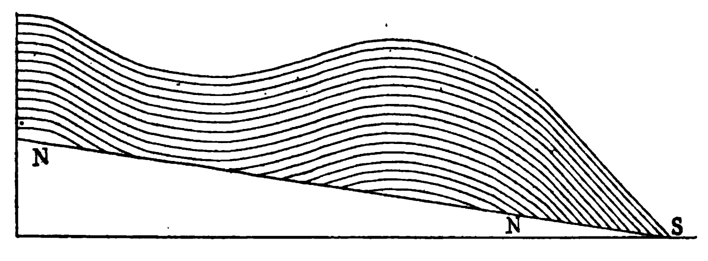


Fig. 6.

se rendre à la nappe sont d'autant plus différentes que les dénivellations sont plus accentuées, ainsi qu'on le voit dans la figure 6.

En conséquence, les âges des dissolutions arrivant en même temps dans la nappe sont plus variés, et l'unification de constitution des eaux s'en trouve mieux assurée.

Le défaut d'homogénéité dans le terrain tend à produire le même effet : on sait que de menus débris de roches retiennent, après ressuyage, des quantités d'eaux très différentes, selon leurs dimensions. Du sable grossier qui traverse les mailles d'un tamis de 1 millimètre, mais ne passe pas à travers celles de $0^{mm},5$, retient environ 3 p. 100 de son poids ; cette proportion s'élève à mesure que le sable devient plus fin, et monte jusqu'à 15-18 p. 100 quand il est mêlé d'argile, sans toutefois cesser d'être perméable. Ainsi, sous une même épaisseur, un terrain graveleux contient quatre, cinq, six fois moins d'eau qu'un terrain sablo-argileux, c'est-à-dire que les infiltrations

s'y meuvent quatre, cinq, six fois plus vite. Si donc le bassin d'une source est formé en certains points d'éléments grossiers, en d'autres d'éléments fins, les dissolutions sortant en même temps de la couche végétale descendront avec des vitesses inégales et gagneront la nappe à des époques différentes; en d'autres termes, celles qui atteindront la nappe en même temps remonteront à des époques différentes.

En résumé, dans les terrains sableux, le déplacement systématique des infiltrations, leur mélange partiel pendant leur descente, l'inclinaison de la nappe souterraine, les accidents du relief du sol et le défaut d'homogénéité sont autant de conditions qui tendent à unifier la constitution minérale des eaux des grandes sources.

Le type de terrain envisagé jusqu'ici n'est pas le plus répandu, ni le plus propre à fournir les sources importantes, les seules que j'étudie, parce qu'elles sont seules recherchées pour l'alimentation des villes. Les grands réservoirs d'eaux souterraines se trouvent, comme on sait, dans les massifs de roches fissurées, dont le régime hydrologique ne ressemble guère à celui que je viens de décrire; autant l'un est simple et se prête à l'analyse des mouvements de l'eau, autant l'autre est varié et échappe à la description. Mais ces différences n'empêchent pas le mélange des dissolutions formées à des époques très variées d'être encore réalisé dans les terrains fissurés.

Il faut remarquer d'abord qu'un massif fissuré qui alimente une source importante s'élève au-dessus d'elle à une altitude considérable, témoin le plateau d'où sortent les eaux de la Vanne, ce qui lui permet d'emmagasiner les infiltrations d'un assez grand nombre d'années. Il les répartit entre ses assises, dans les fissures, les canaux, les bassins, en un mot dans les vides dont il est criblé de toute part. Ces vides, de formes et de dimensions indéfiniment diverses, sont évidemment associés en séries, de manière à former, de la surface du terrain à la source, les chemins les plus variés : les uns plus courts et plus directs, la plupart très longs et accidentés de toutes les façons, aboutissant tous à une conalisation ramifiée terminée par la source. Il n'y a plus ici de nappe souterraine continue; elle est remplacée par des bassins et des canaux situés à des

niveaux différents et communiquant entre eux. Mais, quelle que soit la complication d'un tel appareil, le régime hydrologique, une fois établi, y demeure constant ; je veux dire que les chemins tracés ne changent pas, au moins dans l'espace de quelques années ; quel que soit le mode de logement des eaux, qu'elles occupent les interstices de matériaux pulvérulents, ou mouillent des fissures, ou dorment dans des creux petits ou grands, leur déplacement progressif s'effectue néanmoins à chaque infiltration nouvelle ; par conséquent, elles séjournent dans le terrain aussi longtemps qu'il est nécessaire pour leur épuration ; de plus, le mélange des dissolutions différentes effectué pendant leur parcours, la variété des routes qu'elles suivent, les différences de niveaux dans la canalisation dernière qui les reçoit, les accidents du relief du sol sont cause que des infiltrations produites au cours d'une longue période de temps arrivent en même temps à la source ; en sorte que l'unification de la constitution des eaux tend à se réaliser dans un terrain fissuré comme dans un terrain sableux.

Je ne terminerai pas ce chapitre sans faire observer que tous mes raisonnements supposent qu'une source tire son alimentation d'un vaste terrain situé au-dessus d'elle et pénétré à la fois par les infiltrations des pluies et des gaz de l'atmosphère. Les eaux sont alors assujetties à des mouvements, simples dans les terrains sableux, compliqués dans les terrains fissurés, mais se réduisant dans tous les cas à ces déplacements méthodiques sur lesquels j'ai fait reposer leur épuration et leur homogénéité. Mes démonstrations ne s'appliquent ni aux petites sources, ni aux eaux artésiennes, encore moins aux eaux minérales. Les bassins des petites sources sont trop exigus pour jouer le rôle de régulateurs. Les eaux artésiennes ont expulsé les gaz des couches perméables qui les emmagasinent ; elles obéissent dès lors à des pressions qui leur font suivre les chemins de moindre résistance ; en de telles conditions, il ne peut plus être question de déplacements méthodiques, au moins dans la couche de terrain proprement artésienne. Quant aux eaux minérales, leur parcours dans les profondeurs est encore plus ignoré que celui des eaux artésiennes ; elles échappent encore mieux aux considérations théoriques que je viens de présenter.

Revenant maintenant aux faits acquis dans les précédents chapitres, relativement à la constitution à peu près constante et indépendante des débits observée soit dans les eaux de la Vanne et de la Dhuis, soit dans les eaux de rivière en l'absence de la végétation et des ruissellements, on voit de suite que, pour les expliquer, il suffit d'admettre que les sources de la Vanne et de la Dhuis sont de vraies sources; il suffit d'appliquer au bassin entier d'une rivière les considérations dont le bassin d'une seule source a été l'objet dans ce chapitre.

V. — L'acide nitrique et la chaux dans les eaux des sources de l'Avre.

Le 8 mars 1895, un premier dosage de l'acide nitrique et de la chaux dans l'eau de l'Avre me donnait :

Acide nitrique.	11mgr,87
Chaux.	87 ,6

Un second dosage, fait le 4 avril, réduisait ces chiffres aux suivants :

Acide nitrique.	6mgr,67
Chaux.	66 ,6

Pendant que survenaient ces grandes variations, les titres nitrique et calcique restaient à peu près constants dans les eaux de la Vanne et de la Dhuis; je résolus dès lors de suivre de près les variations de ces titres dans l'eau de l'Avre, et j'en vins bientôt à y faire des dosages hebdomadaires.

Le tableau suivant représente tous les résultats obtenus du 8 mars 1895 au 29 avril 1896.

DATES.	ACIDE nitrique.	CHAUX.
—	—	—
	milligr.	milligr.
8 mars 1895.	11,87	87,6
4 avril	6,67	66,6
16 —	8,57	76,4
23 —	10,21	81,5
29 —	10,59	84,1

DATES.	ACIDE nitrique.	CHAUX.
—	—	—
	milligr.	milligr.
10 mai 1895	9,51	80,2
17 —	10,78	87,8
24 —	11,40	88,7
31 —	11,15	87,7
12 juin	11,75	89,8
18 —	12,17	91,7
25 —	12,29	92,4
2 juillet.	12,56	92,7
9 —	12,41	93,5
16 —	12,65	94,2
23 —	12,80	»
30 —	12,49	94,2
6 août	11,78	91,8
13 —	11,25	90,7
20 —	11,54	92,1
27 —	11,40	93,2
3 septembre	12,27	93,5
10 —	12,63	93,7
17 —	12,57	95,9
25 —	12,39	93,6
2 octobre	12,61	94,6
9 —	12,64	95,1
16 —	11,98	»
23 —	11,92	92,6
30 —	12,21	95,0
5 novembre	11,84	»
13 —	11,84	93,8
20 —	10,59	90,9
27 —	10,90	90,0
4 décembre	10,17	87,0
11 —	10,51	86,2
18 —	10,24	86,4
26 —	10,40	»
2 janvier 1896.	10,20	78,4
8 —	10,01	78,5
15 —	10,38	83,8
22 —	10,07	82,9
29 —	9,84	82,4
5 février	10,04	84,5
12 —	10,75	84,7
19 —	10,53	86,0
27 —	9,85	83,9
4 mars	10,04	83,1
11 —	8,90	80,5

DATES.	ACIDE nitrique.	CHAUX.
—	—	—
	milligr.	milligr.
18 mars	8,08	73,2
25 —	8,74	76,1
1 avril	9,84	83,0
8 —	8,28	78,8
15 —	9,15	83,1
22 —	7,96	78,1
29 —	8,27	80,5

Voici les titres moyens et les plus grands écarts au delà ou en deçà :

	ACIDE nitrique.	CHAUX.
	—	—
	milligr.	milligr.
Titres moyens	10,84	86,3
Plus grands écarts au-dessus des titres moyens.	+1,96	+ 9,6
Plus grands écarts au-dessous des titres moyens.	—4,17	—19,7

Le plus grand écart pour l'acide nitrique est à peu près de 4/10 du titre moyen, et, pour la chaux, de 2,3/10. L'un et l'autre dépassent beaucoup ceux que j'ai trouvés pour les eaux de la Vanne et de la Dhuis.

Voici encore d'autres nombres concernant les débits des sources et les titres correspondants :

	DATES.	DÉBITS.	ACIDE nitrique.	CHAUX.
	—	—	—	—
		litres	milligr.	milligr.
Débits les plus forts.	4 avril 1895	1 436	6,67	66,6
	10 mai.	1 296	9,51	80,2
Débits les plus faibles.	16 octobre	792	11,98	»
	5 novembre	739	11,84	»
	4 décembre	792	10,17	87,0

Lorsque nous avons comparé les titres nitrique et calcique des eaux de la Vanne et de la Dhuis aux débits des sources, nous n'avons trouvé entre eux aucune relation apparente; il n'en est plus ainsi pour les eaux de l'Avre; sans être mathématiquement en raison inverse, les titres et les débits varient en sens contraires. Le plus fort débit, observé le 4 avril 1895, correspond précisément au moindre titre, et l'on peut constater, d'une manière générale, que les titres se sont élevés pendant la période estivale (mai-octobre),

qui a été celle des débits moyens ou faibles, et abaissés pendant la saison froide (novembre-avril), période de débits plus élevés.

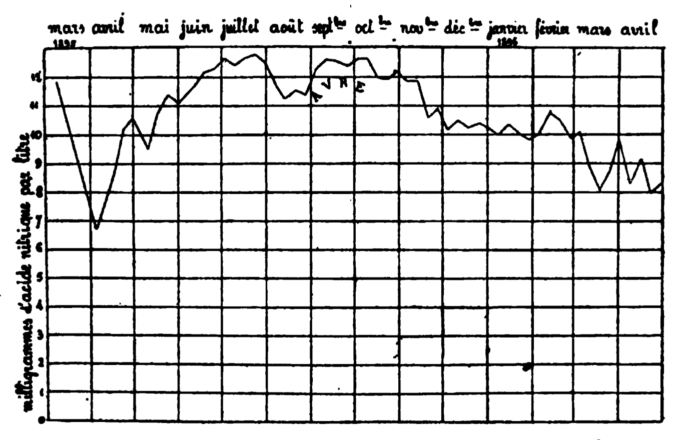


Fig. 7.

Les graphiques (fig. 7 et 8) construits en prenant les titres pour ordonnées et les temps pour abscisses sont très instructifs.

On remarque dans le graphique des titres nitriques une grande

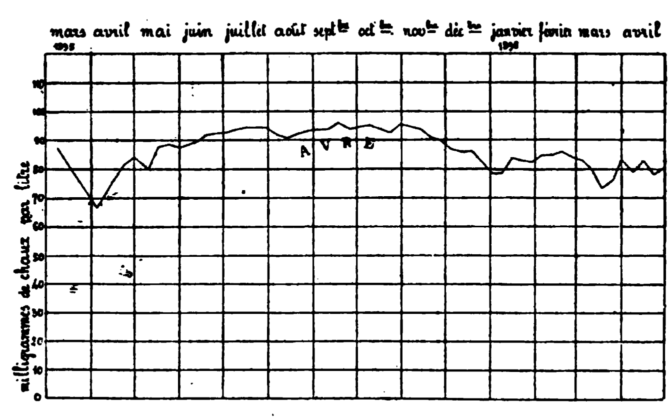


Fig. 8.

dépression, le 4 avril, qui pourrait bien être la conséquence du dégel survenu en mars, après les grands froids de février. Une dépression moindre, mais considérable encore, se voit en mars et avril 1896, à la suite des pluies abondantes qui ont fait déborder la

Seine, à Paris, vers le 15 mars ; on en trouve encore une en août, après un mois de juillet qui a été le plus humide de l'année, à Verneuil (87 millimètres).

On remarque encore une similitude frappante entre le graphique des titres nitriques et celui des titres calciques, similitude à laquelle on n'a pas été préparé par les graphiques analogues fournis par la Vanne et la Dhuis, où l'on ne peut saisir aucun rapport entre les quantités correspondantes d'acide et de chaux. Non seulement l'allure générale des deux graphiques de l'Avre est la même, mais encore leur concordance se manifeste souvent dans les moindres détails.

Ainsi, l'eau de l'Avre diffère, sous plusieurs rapports essentiels, de celles de la Vanne et de la Dhuis :

Les quantités d'acide nitrique et de chaux y sont en relation avec les débits des sources ; elles diminuent quand les débits augmentent et augmentent quand les débits diminuent ; les sources de la Vanne et de la Dhuis sont exemptes de toute relation entre les titres et les débits ;

Les variations des quantités d'acide nitrique et de chaux sont beaucoup plus importantes dans l'eau de l'Avre que dans celles de la Vanne et de la Dhuis ;

Les quantités d'acide et de chaux ne sont plus indépendantes les unes des autres dans l'eau de l'Avre, comme dans les eaux de la Vanne et de la Dhuis ; elles sont, au contraire, liées par une remarquable concordance de leurs variations.

Je ne trouve à ces différences si manifestes qu'une seule explication :

L'eau de l'Avre doit être un mélange, en proportions très variables, de deux sortes d'eaux :

L'une, de même genre que celles de la Vanne et de la Dhuis, serait fournie par les infiltrations des pluies et leurs déplacements successifs dans les terrains qui constituent son bassin ; elle serait pure ; ses titres nitrique et calcique, peu variables, s'élèveraient au moins jusqu'aux plus hautes valeurs trouvées par mes analyses :

Acide nitrique	12^{mgr},8
Chaux	95 ,1



L'autre eau contiendrait beaucoup moins d'acide et de chaux; sa proportion dans le mélange augmenterait à la suite des pluies, diminuerait à la suite des sécheresses.

Les faits observés s'accordent très bien avec cette hypothèse :

Il est bien évident, d'abord, que la baisse des titres sera d'autant plus rapide, d'autant plus marquée, que l'eau pauvre arrivera aux sources en moins de temps et en plus grande abondance; inversement, les titres se relèveront d'autant plus que la proportion de l'eau pauvre sera plus faible; ils atteindront leurs valeurs les plus hautes si l'apport d'eau pauvre devient nul. Ainsi sont expliqués à la fois le rapport inverse entre les titres et les débits, et la grande amplitude des variations des titres. Quant à la concordance entre les allures des graphiques nitrique et calcique, elle résulte encore de l'hypothèse, mais, pour s'en bien rendre compte, il faut y regarder de plus près. Si l'eau riche et l'eau pauvre avaient des titres nitrique et calcique invariables, il est incontestable que, dans tous leurs mélanges, les deux titres s'élèveraient ou s'abaisseraient en même temps, en raison des proportions relatives des deux eaux; les variations seraient toujours de même sens, toujours concordantes. Mais les titres ne sont pas absolument constants dans ces eaux; ils y éprouvent des variations de l'ordre de celles que j'ai trouvées dans les eaux de la Vanne et de la Dhuis; par conséquent, les variations des titres dans les mélanges ne dépendent pas seulement des proportions des deux eaux, mais encore des variations de titre qui leur sont particulières. Si la différence entre les proportions des deux eaux est suffisamment grande, son effet l'emporte sur celui des variations de titre particulières, et les variations dans les mélanges sont alors concordantes; c'est ce qui explique la similitude d'allure des deux graphiques: au cours d'une année, sous l'influence des pluies et des sécheresses, le rapport entre les volumes des deux eaux dans les mélanges varie entre des limites tellement écartées, que les variations de titres qui lui sont dues couvrent les variations propres à chaque eau. Mais, dans les détails des graphiques, la concordance peut fort bien faire défaut; par exemple, entre deux prises d'eau successives, si la proportion des deux eaux est restée constante, les variations propres à chaque eau régleront seules les varia-

tions dans le mélange et celles-ci seront discordantes, quand celles-là seront de sens contraire. Mais on peut constater, par l'étude des deux graphiques, que ce cas a été assez rare; presque partout, on y voit les deux titres varier, d'une semaine à la suivante, dans le même sens.

On voit que l'hypothèse d'après laquelle l'eau de l'Avre serait un mélange de deux sortes d'eaux, l'une comparable à celles de la Vanne ou de la Dhuis, l'autre particulièrement pauvre en nitrates et bicarbonate calcaire, explique si bien les faits observés qu'il est difficile de ne pas en faire la réalité. La question se pose donc, au point de vue de la salubrité, de savoir d'où vient l'eau pauvre. Serait-ce une eau de vraie source, filtrée et épurée, comme celle qui proviendrait de terrains dont la surface, occupée par des landes, des bois, serait peu propice à la nitrification et à la formation du bicarbonate de chaux ? En ce cas, les deux eaux, différant seulement par leurs titres nitrique et calcique, auraient des régimes semblables; leurs débits s'élèveraient ou s'abaisseraient parallèlement, sous l'influence des mêmes conditions climatériques; on ne verrait pas, dans leurs mélanges, les titres et les débits varier en sens inverses; on ne verrait pas non plus, dans les graphiques nitrique et calcique, ces variations brusques et considérables qui accusent d'autres variations aussi brusques, aussi considérables, dans le rapport entre les débits des deux eaux.

Il est beaucoup plus probable que l'eau pauvre est simplement de l'eau de ruissellement rapidement absorbée en certains lieux et arrivant aux sources peu de temps après son absorption. La relation inverse entre les débits et les titres, la grande étendue et la rapidité des variations de ces titres s'expliquent très bien par l'abondance subite des ruissellements pendant les dégels et les pluies prolongées; cette abondance, qui se produit surtout pendant la saison froide, explique encore la baisse générale des titres observée l'hiver, et leur relèvement pendant l'été.

Je ne veux pas quitter ce sujet sans faire observer que ni les expériences bien connues de M. Feray ni mes analyses ne démontrent que les ruissellements souillent effectivement les eaux souterraines qui sont le principal aliment des sources captées. Il n'est pas dit que

ces ruissellements rencontrent des germes nocifs à la surface des terrains qu'ils lavent; s'ils en rencontrent, peut-être les abandonnent-ils dans les terrains sableux placés sur leur chemin. Mais, quoi qu'il en soit, on reconnaîtra que les résultats de mes analyses sont moins satisfaisants pour l'Avre que pour la Vanne et la Dhuis; et, s'il m'était permis d'avoir un avis sur le degré relatif de pureté des eaux conduites à Paris, je l'exprimerais en disant que je continuerai à boire l'eau de la Vanne et celle de la Dhuis, sans aucune inquiétude, telles qu'elles sont distribuées, et que je voudrais maintenant ne boire de l'eau de l'Avre qu'après son passage dans un bon filtre.

Je rapporterai, en terminant, une observation faite au cours de toutes ces études. J'ai déjà dit que j'emploie, pour un dosage d'acide nitrique, 4 litres d'eau réduits par l'action de la chaleur au volume de quelques centimètres cubes. Quand j'opère avec l'eau de l'Avre, je puis toujours poursuivre et achever la concentration dans un même ballon d'environ 2 litres, malgré la formation du précipité de carbonate de chaux; ce précipité est toujours plus ou moins jaune, ainsi que l'extrait sec qui contient les nitrates. L'eau de la Dhuis est, le plus souvent, dans le même cas que l'eau de l'Avre; seulement le précipité et l'extrait sec sont de nuance plus claire. Mais, parfois, il devient impossible de vaporiser les 4 litres dans un même ballon, tant sont violents les soubresauts produits par le dépôt calcaire; alors celui-ci est d'un blanc pur, et l'extrait est incolore. En pareil cas, je fais deux parts de mes 4 litres, et je les fais bouillir dans deux ballons, jusqu'à formation intégrale du précipité calcaire; je laisse reposer, puis je décante les liquides successivement dans un troisième ballon où je les vaporise. C'est toujours ainsi que je suis obligé d'opérer quand j'ai affaire à l'eau de la Vanne; avec elle, j'ai toujours un précipité calcaire cristallin et un extrait incolore.

Ces différences tiennent à la présence de la matière humique, qui se précipite avec le carbonate de chaux, en habille les grains, les empêche de se souder et les maintient à l'état de poudre fine restant en suspension dans le liquide bouillant. J'ai constaté que 1 centimètre cube d'extrait de terreau contenant $0^{mgr},4$ de matière humique, ajouté dans chaque litre d'eau de Vanne, permet d'en

vaporiser 4 litres dans un même ballon, sans danger de rupture. Ainsi, l'on peut dire que l'eau de Vanne ne contient pas trace sensible de matière humique ; l'eau de la Dhuis est parfois aussi belle, mais elle contient souvent quelque trace de cette matière. On en trouve toujours dans l'eau de l'Avre, plus que dans l'eau de Dhuis, mais néanmoins en très faible quantité.

VI. — Résumé.

I. — *Entraînements d'azote par les infiltrations des pluies.*

Dans la plupart des cas, l'azote ravi à la terre végétale par les infiltrations des pluies se retrouve intégralement à l'état d'acide nitrique dans les eaux souterraines provenant de ces infiltrations; les eaux souterraines se retrouvent mélangées dans la rivière qui les reçoit; leur titre nitrique moyen est donc celui des eaux de la rivière, à la condition qu'il soit déterminé aux époques où il ne peut être altéré ni par la végétation aquatique ni par les eaux de ruissellement. De telles époques se rencontrent presque toujours au cours d'un hiver.

Étudiées à ce point de vue pendant les grands froids du mois de février 1895, la Seine, au-dessus de Montereau et à Paris, l'Yonne, la Marne, l'Oise, un peu au-dessus de leurs confluents, ont fourni des doses d'acide nitrique comprises entre $7^{mgr},85$ et $10^{mgr},03$ par litre.

Dans chaque rivière la dose d'acide nitrique est restée à peu près la même, pendant que le débit des eaux variait dans le rapport de 2 à 1; on l'a retrouvée la même un an après, lorsque la végétation aquatique et les ruissellements ont été de nouveau suspendus par le froid. On doit inférer de là que le titre nitrique moyen des eaux souterraines d'un bassin de rivière est à peu près constant, au moins pendant le cours d'une année.

Pour estimer la perte annuelle d'azote que subit le bassin d'une rivière, il faut connaître, outre le titre nitrique moyen, le volume des eaux souterraines débitées en un an. Ce volume ne peut être mesuré ni directement, ni par le débit de la rivière qui est augmenté,

dans une proportion inconnue, par les ruissellements ; mais, à défaut de mesure des infiltrations à la sortie de terre, on peut les estimer à leur entrée, d'après la fraction de la hauteur annuelle de pluies réellement infiltrée : cette fraction étant comprise entre $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{3}$ de 700 millimètres dans le bassin entier de la Seine, on trouve qu'en moyenne chaque hectare perd de $3^{kgr},4$ à $5^{kgr},6$ d'azote ; et si l'on attribue la perte d'azote aux seules terres labourées, elle est alors comprise entre $5^{kgr},1$ et $8^{kgr},5$.

Malgré cette augmentation, elle demeure beaucoup moindre qu'on ne le supposerait d'après les déterminations publiées jusqu'ici d'acide nitrique dans les eaux de drainage. Elle varie d'ailleurs en raison de la richesse des champs, ce qui en fait une sorte d'impôt proportionnel qui pèse peu sur les terres pauvres, et ne devient sensible que pour les terres riches en état de la supporter.

II. — *Régime nitrique dans les rivières.*

Lorsque les eaux souterraines sont devenues eaux de rivière, le titre nitrique, jusque-là à peu près constant, devient très variable, parce qu'il tombe sous la dépendance des conditions climatériques. C'est ce que démontre l'étude de ses variations, pendant treize mois consécutifs, dans les eaux de la haute Seine, de l'Yonne, de la Marne et de l'Oise. Les plus hauts titres s'observent l'hiver, en l'absence de végétation et de ruissellements ; les plus bas, pendant l'été, lorsque l'élévation de la température et les faibles débits de l'étiage permettent à la végétation de produire son effet maximum.

On sait que le climat est homogène dans tout le bassin de la Seine ; de là aussi la similitude des régimes de tous les cours d'eau ; de là aussi la similitude des *régimes nitriques,* mise en parfaite évidence par les graphiques construits avec les temps pour abscisses et, pour ordonnées, avec les titres nitriques trouvés du mois de février 1895 au même mois de 1896 dans les eaux des rivières précitées.

Il est probable que les titres nitriques des eaux souterraines de bassins différents sont en rapport avec les richesses agricoles de ces bassins. D'après cela, les bassins de la haute Seine et de la Marne, à peu près de même richesse, le céderaient à celui de l'Yonne, qui

serait à son tour inférieur au bassin de l'Oise. Il sera intéressant d'observer les titres nitriques dans d'autres bassins moins importants, aux époques où les eaux de leurs rivières représentent fidèlement leurs eaux souterraines.

III. — *Acide nitrique et chaux dans les eaux de Vanne et de Dhuis.*

Quelques dosages d'acide nitrique m'ayant donné des résultats à peu près constants dans les eaux de la Vanne et de la Dhuis et variables dans les eaux de l'Avre, l'idée m'est venue de faire intervenir dans l'étude des eaux potables la mesure des variations de leur constitution minérale, comme moyen de distinguer les sources vraies des sources fausses, qui ne sont que des réapparitions de rivières, et des sources suspectes dont les eaux peuvent être des mélanges d'eaux pures et d'eaux impures de rivières ou de ruissellement. La constitution minérale, à peu près constante dans des sources vraies, serait variable dans les eaux des sources fausses ou suspectes.

Pour vérifier cette hypothèse, on a d'abord étudié par l'analyse les eaux de la Vanne et de la Dhuis d'une part, celles de l'Avre d'autre part, puis cherché des explications théoriques de la constance de composition des premières, de la variation de composition des secondes.

Parmi les composés divers dont l'ensemble fait la constitution minérale d'une eau de source, l'acide nitrique et la chaux sont les seuls dont la détermination intervienne utilement pour différencier les eaux de vraies sources de celles de rivières ou de ruissellement. On a donc répété de mois en mois, pendant plus d'une année, les dosages de ces deux composés dans les eaux de la Vanne et de la Dhuis; on les a répétés chaque semaine dans celles de l'Avre.

En ce qui concerne les eaux de la Vanne et de la Dhuis, les faits suivants ressortent des analyses.

Les titres nitrique et calcique n'ont varié pendant treize mois que de $\frac{1}{10}$, en plus ou en moins, de leurs valeurs moyennes.

On n'aperçoit aucune relation entre les variations simultanées du titre nitrique dans les deux eaux; il n'y en a pas davantage entre

les variations du titre calcique ; d'où la conséquence que ces variations sont indépendantes des conditions climatériques et doivent résulter d'accidents de relief ou de constitution interne propres à chaque bassin de source.

On ne trouve non plus aucune relation entre les variations du titre nitrique et celles du titre calcique dans une même eau.

Enfin, on n'en trouve pas entre les titres nitrique ou calcique et les débits des sources ; ainsi, l'observation déjà faite pour les mélanges d'eaux souterraines qui alimentaient, au mois de février 1895, la haute Seine, l'Yonne, la Marne, l'Oise, se reproduit pour des sources isolées.

IV. — *Constance de composition minérale des grandes sources.*

Les résultats fournis par les eaux de la Vanne et de la Dhuis peuvent être expliqués par des considérations théoriques fort simples.

Les terrains servant de réservoirs aux sources, qu'ils soient sableux ou composés de roches fissurées, sont imbibés d'air en même temps que d'eau ; la présence de l'air sert à rompre la transmission de pressions qui tendraient à chasser les eaux dans certaines voies de moindre résistance ; soustraite à ces pressions, la masse liquide opère exclusivement sa descente par déplacement méthodique des infiltrations successives. De ce mode de progression résultent deux conséquences essentielles : d'abord l'obligation pour toutes les infiltrations de demeurer dans le terrain, au contact de l'oxygène et des agents épurateurs, tout le temps nécessaire à leur purification ; ensuite, l'accès simultané, dans une nappe continue ou discontinue, d'infiltrations remontant à des saisons et même à des années différentes ; de là, par le mélange de ces infiltrations, l'unification de la constitution minérale des eaux.

Ces explications ne sont applicables ni aux petites sources dont les réservoirs trop peu importants ne peuvent remplir la fonction de régulateurs ; ni aux eaux artésiennes ou minérales, qui sont mues, au moins sur une partie de leur cours, par des pressions qui excluent le déplacement méthodique.

Leur conclusion essentielle est que, pour expliquer tous les faits

révélés par l'étude des eaux de la Vanne et de la Dhuis, il suffit d'admettre que les sources de ces eaux sont de vraies sources d'eaux pures et potables.

V. — *L'acide nitrique et la chaux dans l'eau de l'Avre.*

Les déterminations de l'acide nitrique et de la chaux dans l'eau de l'Avre conduisent à une conclusion bien différente. La grande amplitude des variations des titres nitrique et calcique, la singulière concordance entre les variations de l'acide et de l'alcali, l'accroissement des titres en temps de sécheresse et leur chute rapide après les dégels et les pluies autorisent, et même rendent extrêmement probable, l'hypothèse que certaines des sources captées débitent à la fois et dans un rapport très variable des eaux de deux sortes : les unes semblables à celles de la Vanne et de la Dhuis, provenant d'infiltrations pluviales épurées par les mêmes procédés naturels ; les autres fournies par des ruissellements absorbés par des terrains trop perméables et arrivant aux sources peu de temps après leur absorption. Les sources de l'Avre dérivées à Paris ne seraient donc pas toutes, certainement, des sources *vraies,* ne débitant leurs eaux qu'après leur séjour prolongé et leur déplacement méthodique dans un sol épurateur ; et mes recherches soulèveraient à nouveau la question de savoir si les eaux de l'Avre sont toujours vraiment potables, en la précisant en ces termes : les eaux de ruissellement qui envahissent certaines sources sont-elles suffisamment filtrées par les terrains qu'elles traversent, de manière à être toujours dépouillées de tout organisme malfaisant ?

LES PRODUITS CHIMIQUES

EMPLOYÉS A LA

STÉRILISATION DES EXCRÉMENTS HUMAINS

SONT-ILS NUISIBLES AUX PLANTES AGRICOLES ET AUX MICROBES BIENFAISANTS DU SOL?

Par A. PETERMANN

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

La *stérilisation,* désinfection des déjections des hommes et des animaux, a pour but de rendre celles-ci non seulement inodores, comme on le comprend souvent, mais aussi et surtout de tuer les microbes pathogènes et leurs germes qui y séjournent. Si, au point de vue de l'hygiène prophylactique de certaines maladies (fièvre typhoïde, choléra, charbon, rouget, etc.), on a réclamé depuis longtemps déjà et avec instance la généralisation de l'emploi de germicides, et si de nombreux travaux [1] ont fait connaître les substances remplissant ce rôle, le mieux et le plus économiquement possible, on ne rencontre néanmoins chez ceux qui utilisent les matières excrémentielles à la fertilisation de la terre, que de l'indifférence et même de la résistance.

Cependant, outre l'intérêt hygiénique, la stérilisation des excréments présente actuellement un intérêt de premier ordre pour l'agriculture, depuis les récentes recherches de MM. Bréal, Wagner et surtout celles de Stutzer. Ces savants expérimentateurs ont démon-

1. Nous signalons parmi les plus récents, l'importante étude du Dr VINCENT (*Annales de l'Institut Pasteur,* 1895, n° 1).



tré, en effet, la présence dans les litières, les matières fécales et les fumiers, de microbes dénitrifiants (*Bacterium denitrificans*) qui, avec une énergie extraordinaire, détruisent les nitrates, la nourriture azotée par excellence, et occasionnent ainsi une perte sérieuse d'azote à l'état élémentaire, à ajouter à celle connue depuis longtemps produite par la fermentation ammoniacale.

L'embarras du choix entre les nombreux germicides prônés, leur prix pour la plupart élevé, mais avant tout la crainte que ces substances vénéneuses ne nuisent aux plantes cultivées, sont la principale cause de l'abstention du cultivateur. Il en a été de même lorsque, il y a de longues années, on a recommandé le chaulage des semences au sulfate de cuivre; il en est encore ainsi en ce qui concerne l'emploi de la bouillie bordelaise comme puissant moyen de lutte contre la maladie de la pomme de terre.

Ces craintes se comprennent, d'ailleurs. L'extrême sensibilité des végétaux à l'influence de certains sels métalliques et l'absence d'expériences directes prouvant l'innocuité des engrais liquides stérilisés chimiquement, justifient ces appréhensions. Mais, d'autre part, on perd de vue l'énorme différence qui existe entre l'épandage direct, par exemple, d'une dose de 200 à 250 kilogr. de sulfate de cuivre ou d'acide sulfurique sur un hectare de récoltes en végétation, et l'application, avant les semailles, de 20 à 25 mètres cubes d'engrais liquide traité par la même dose d'une substance germicide qui, dans ce cas, est en grande partie saturée ou décomposée par les sels ammoniacaux, etc., des matières excrémentielles.

Il faut ajouter à cela qu'il est expérimentalement démontré que le pouvoir absorbant du sol arable est presque nul pour les sels métalliques dont il s'agit ici. Par conséquent, leur accumulation par l'emploi continu d'engrais stérilisés chimiquement, ce qui pourrait élever le taux de ces substances à une dose réellement toxique, n'est pas à craindre. Rappelons à ce sujet que nous avons constaté l'absence complète du cuivre dans les tubercules de pomme de terre poussés dans un champ qui, pendant plusieurs années, a été soumis au traitement de la bouillie bordelaise.

Les expériences dont nous allons rendre compte ont été entreprises à la suite de l'inscription à l'ordre du jour du congrès inter-

national d'agriculture, qui a siégé à Bruxelles en 1895, de la question de la stérilisation des engrais liquides au point de vue de leur emploi agricole.

Envisagé sous le rapport bactériologique par M. van Ermengem[1], l'éminent professeur de l'Université de Gand, le problème avait déjà trouvé une solution partielle, mais les essais agronomiques n'étaient pas terminés ; ils devaient être répétés et complété durant une seconde année. Nous ne pouvions fournir alors que quelques renseignements préliminaires.

Nous avons tenu compte aussi, pour les nouveaux essais de 1896, du vœu émis au congrès par M. Crispo, de comprendre parmi les germicides à essayer, l'acide phosphorique liquide[2], tel que le fournit l'industrie, et de celui présenté par M. Bieler et par M. Graftiau, d'étudier l'action des engrais liquides stérilisés sur les microbes utiles de la terre arable.

§ 1. — L'engrais liquide employé et sa stérilisation.

L'engrais liquide qui a servi provenait d'une citerne de l'institut agricole de Gembloux, dans laquelle on recueille le mélange d'excréments liquides et solides et les déchets de dissection d'animaux. Après un brassage de tout le contenu, on a prélevé l'échantillon destiné à l'analyse, en même temps que la quantité nécessaire aux expériences.

1 litre de gadoue renferme :

Matières organiques et volatiles *. . . .	19gr,65
— minérales **	8 ,35
Résidu sec par litre.	28gr,00
* Renfermant :	
Azote ammoniacal	2gr,03
— organique.	0 ,03
** Renfermant :	
Acide phosphorique anhydre	0gr,48
Potasse anhydre.	0 ,68

1. *Congrès international d'agriculture*. Bruxelles, Weissenbruch, tome I, p. 574 ; tome II, p. 42.

2. Nous rappelons ici que dès l'apparition sur le marché de l'acide phosphorique liquide comme produit industriel, nous avons recommandé son emploi à la fixation du carbonate d'ammoniaque des fumiers (*Engrais et matières fertilisant le sol,* etc. Bruxelles, 1874, p. 29).

L'analyse montre qu'il s'agit d'un engrais liquide riche, dont la fermentation est très avancée.

La stérilisation a été opérée dans de grandes cuvelles, en agissant chaque fois sur un hectolitre de matières. Au moment de l'emploi, des échantillons ont été prélevés, placés dans des flacons stérilisés et expédiés immédiatement à M. van Ermengem, qui a bien voulu nous prêter son précieux concours.

Nous réunissons dans le tableau suivant l'ensemble des essais bactériologiques faits en 1895 et 1896 ; le nombre de colonies exprime la moyenne de deux essais faits avec chaque espèce de germicide.

	NOMBRE DE COLONIES par centimètre cube après 48 heures. Mélange		
	à 1 p. 100.	à 1 1/2 p. 100.	à 2 p. 100.
Engrais liquide non traité	»	7 308 000[1]	»
Acide sulfurique à 66° B.	1	0	0
Acide phosphorique liquide du commerce[2].	480	0	0
Extrait aqueux d'un superphosphate[3]	800	0	0
Sulfate de fer[4]	40 074	85 555	2 756
Sulfate de cuivre[5]	5	0	0
Sulfate de zinc[6]	5	0	0
Chlorure de zinc[7]	51	0	0
Acide phénique[8]	1 078	11	0
Lysol[9]	»	4	»

Après traitement par les germicides susmentionnés, la réaction de l'engrais liquide était nettement acide, sauf pour le lysol. L'acide sulfurique et l'acide phosphorique ont donné lieu à un dégagement abondant d'acide carbonique et d'acide sulfhydrique.

1. Environ 5 000 colonies de *Bacterium coli*.
2. Acide phosphorique du commerce de la fabrique d'Engis, 45 p. 100 d'acide phosphorique anhydre.
3. Superphosphate à 11 p. 100 d'acide phosphorique anhydre.
4. Sulfate de fer cristallisé du commerce.
5. Sulfate de cuivre cristallisé du commerce.
6. Sulfate de zinc cristallisé du commerce.
7. Chlorure de zinc liquide du commerce, à 60 p. 100.
8. Acide phénique cristallisé du commerce.
9. Lysol à 6°5 Baumé, de réaction faiblement acide.

Les essais bactériologiques prouvent d'abord, à nouveau, que le sulfate de fer, même à la dose élevée de 2 p. 100, est sans valeur germicide; en décomposant le sulfhydrate d'ammonium, il n'agit que comme désodorisant. L'acide sulfurique, le sulfate de cuivre, le sulfate de zinc à la dose de 1 p. 100, ont laissé survivre quelques colonies. Mais, pratiquement parlant, les excréments ainsi traités doivent, d'après M. van Ermengem, être considérés comme stérilisés. Ces trois substances se sont montrées bien supérieures à l'acide phénique.

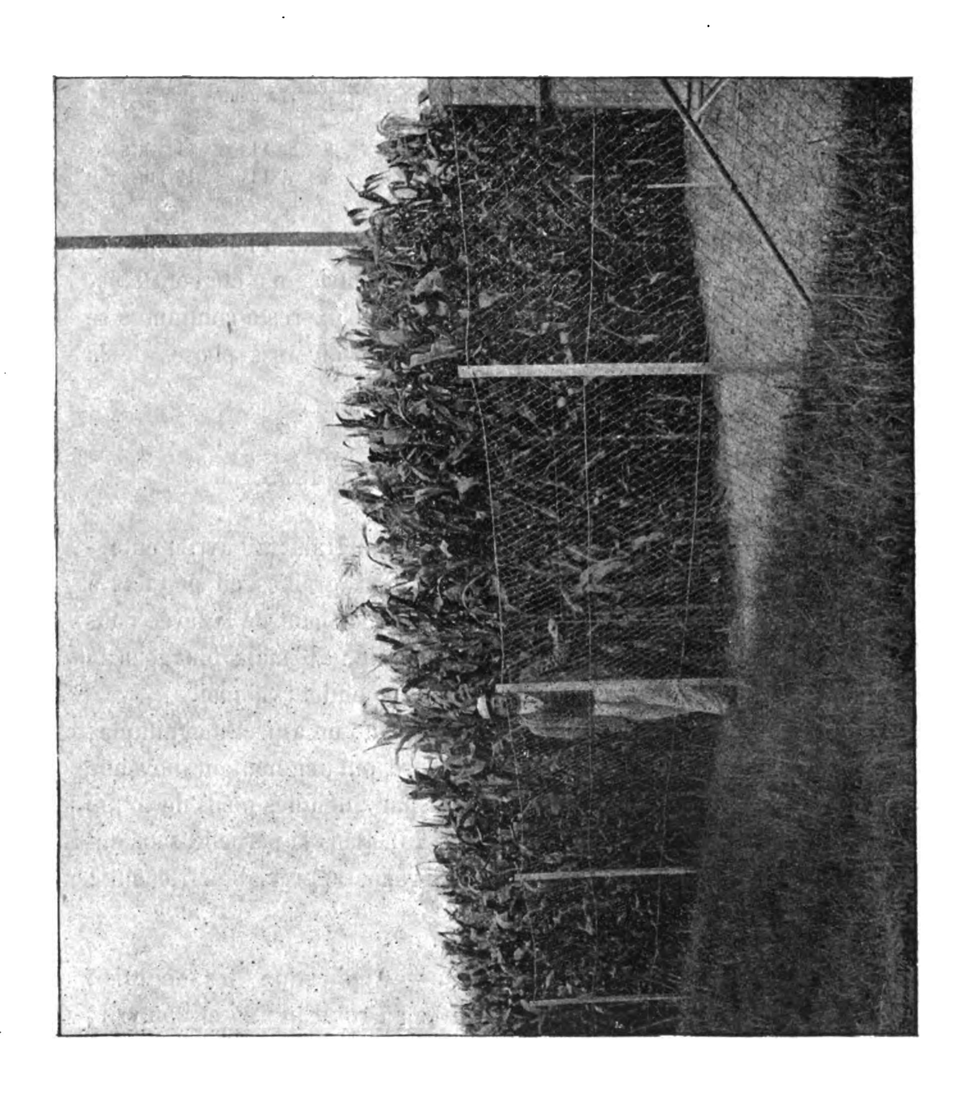
Le chlorure de zinc, si recommandable par son bon marché, n'a point produit de stérilisation complète en l'employant à 1 p. 100, mais porté à 1 1/2 p. 100, il a produit, comme toutes les autres substances, un effet complet.

§ 2. — Essais de germination.

L'acte de la germination est évidemment celle de toutes les phases de la végétation pour laquelle il y a le plus à craindre lorsqu'on emploie des engrais liquides stérilisés par des agents chimiques. Nous avons par conséquent, en 1895 et 1896, à côté des essais de culture, multiplié les essais de germination avec des plantes de familles diverses et à développement radiculaire différent (traçant ou pivotant).

Ces essais ont été entrepris dans des pots contenant 10 kilogr. de bonne terre sablo-argileuse de jardin. On a enterré à la spatule dans chacun d'eux 100 centimètres cubes des mêmes engrais liquides que ceux employés aux autres essais : les produits chimiques stérilisateurs et leur concentration étaient les suivants :

Engrais liquide à 1 p. 100 d'acide sulfurique ;
— à 1 1/2 p. 100 d'acide sulfurique ;
— à 1 1/2 p. 100 de sulfate de zinc ;
— à 1 1/2 p. 100 de sulfate de cuivre;
— à 1 1/2 d'acide phosphorique (liquide du commerce) ;
— à 1 1/2 p. 100 d'acide phosphorique (extrait de superphosphate).



On a planté dans les pots ainsi préparés 10 à 30 graines (suivant leur grosseur) des espèces botaniques suivantes et on a surveillé quotidiennement la levée :

	COMMENCEMENT de la levée.		LEVÉE COMPLÈTE.	
	Témoin.	Engrais stérilisé.	Témoin.	Engrais stérilisé.
	—	—	—	—
Maïs, betterave	après 7	8	11	11 jours
Colza, lin, froment, avoine, trèfle. .	après 6	5	11	12 jours

La durée de la levée a été par conséquent tout à fait normale et aucune action nuisible ou seulement retardatrice n'a été constatée. Les plantes issues des graines employées ont du reste continué à se développer et à parcourir normalement les diverses phases de la végétation.

§ 3. — Essais de culture de 1895.

Maïs dent-de-cheval. — Application des engrais : 20 avril ; enterrés au râteau : 10 mai ; plantation de deux graines en poquets à l'écartement de 36/10 centimètres ; commencement de la levée dans toutes les parcelles : 22 mai ; levée générale : 26 mai ; binage à la houe : 28 mai ; enlèvement d'un plant par poquet : 30 mai.

A partir du mois d'août la récolte présente un aspect magnifique ; les tiges, d'une végétation très vigoureuse, ont une hauteur moyenne de 3 mètres, avec un maximum atteint par quelques pieds de $3^{m},55$ (voir le cliché photographique, page 125). Dans la parcelle sans engrais plus faible, il n'y a pas de différence appréciable. Récolte : 23 octobre.

Betterave fourragère allemande. — Application des engrais : 20 avril ; bêchage, travail au râteau et au rouleau : 24 et 25 avril ; plantation à l'écartement de 45/25 centimètres : 26 avril ; commencement de la levée : 11 mai ; premier binage : 24 mai ; second binage et mise en place définitive : 6 juin. Rien de particulier sur l'état de la végétation qui continue normalement dans toutes les parcelles. Récolte : 29 septembre.

Poids de la récolte, parcelles de 12,5 mètres carrés.

	BETTERAVES racines en kilogr.	MAÏS VERT épis et tiges en kilogr.
1° Témoin sans engrais	84	90
2° Engrais liquide	114	105
3° Engrais liquide à 1 p. 100 de sulfate de fer cristallisé	109	99
4° Engrais liquide à 1 p. 100 de sultate de cuivre cristallisé	110	104
5° Engrais liquide à 1 p. 100 de sulfate de zinc cristallisé	107	102
6° Engrais liquide à 1 p. 100 de chlorure de zinc (solution à 50 p. 100)	108	96
7° Engrais liquide à 1 p. 100 d'acide phénique cristallisé	112	103
8° Engrais liquide à 1 p. 100 de lysol (liquide à 6°5 B.)	115	106

Les chiffres précédents prouvent que l'action fertilisante très marquée de l'engrais liquide (augmentation à l'hectare de 24000 kilogr. de betteraves et 20000 kilogr. de maïs) n'a pas été entravée par l'addition des produits chimiques dans la proportion de 1 p. 100. Les différences, en moins ou en plus, du rendement de la parcelle à l'engrais non traité, tombent entre les limites (5 p. 100) de l'erreur inévitable dans toute expérimentation en plein air et de la pesée de récoltes telles que la betterave et le maïs vert.

§ 4. — Essais de culture de 1896.

Maïs dent-de-cheval. — Application des engrais : 27 avril ; plantation : 29 avril à l'écartement de 38,5/25 centimètres ; commencement de la levée dans toutes les parcelles : 21 mai ; levée générale : 23 mai ; binage : 6 juin ; démariage : 15 juin ; buttage : 19 juin. La végétation est dans tous les carrés d'essai d'une belle vigueur ; on place des fils de fer en travers des lignes afin de supporter les tiges contre le vent ; hauteur moyenne : 2m,80. Récolte : 1er octobre.

Pomme de terre, variété Schwan. — Application des engrais : 27 avril ; plantation de tubercules d'un poids moyen de 62 gr. à l'écartement de 62,5/30 centimètres : 11 mai ; commencement de la

levée : 26 mai ; levée générale dans toutes les parcelles : 10 juin ; buttage : 15 juin ; application de la bouillie bordelaise : les 11 et 30 juillet. Récolte : 1er octobre.

Poids de la récolte, parcelles de 25 mètres carrés.

	POMMES DE TERRE.		MAÏS VERT
	kilogr.	p. 100 de fécule	kilogr.
1° Engrais liquide brut.	43,5	à 20.4	148,2
2° Engrais liquide avec 1 1/2 p. 100 d'acide phosphorique anhydre (liquide du commerce)	44,1	à 20.1	150,5
3° Engrais liquide brut avec 1 1/2 p. 100 d'acide phosphorique anhydre (à l'état de superphosphate)	46,2	à 20.9	146,9

Le remplacement du sulfate de cuivre, du sulfate de zinc, de l'acide sulfurique, etc., par l'acide phosphorique, employé soit comme acide phosphorique liquide du commerce, soit comme superphosphate de chaux, a produit à la dose de 1.5 p. 100 une stérilisation complète de l'engrais liquide et n'a pas agi défavorablement ni sur la végétation, ni sur le poids de la récolte en maïs et en pommes de terre, ni sur la richesse en fécule de ces dernières.

§ 5. — Les engrais stérilisés et les microbes bienfaisants du sol.

En comparant la quantité d'azote nitrique fournie par les eaux de drainage d'un volume donné de terre, fumé à l'engrais liquide brut, avec celle — toutes autres conditions égales — produite par la terre fumée à l'engrais liquide stérilisé, on doit constater si les germicides employés sont nuisibles ou non à la nitrification.

Les cases de végétation[1] dont dispose la Station agronomique se prêtent parfaitement à cette expérience ; elles permettent de la

1. Nous renvoyons pour la description détaillée de ces cases, à notre ouvrage : *Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture*, t. I, 2e édit., p. 46.

poursuivre pendant une période assez longue et d'opérer sur un fort poids de terre.

Ces cases se trouvaient au printemps de 1896 dans un état de comparabilité parfaite ; elles contenaient exactement un mètre cube de terre sablo-argileuse, chargée en 1895 après un mélange intime ; elle portait du gazon qui a été retourné en février 1896. La nitrification y était assez active malgré la basse température du mois d'avril, car les eaux de drainage renfermaient avant le commencement de l'expérience, à différentes époques de prélèvement des échantillons, de 2mgr,4 à 8mgr,4 d'azote nitrique par litre.

Les engrais liquides ont été répandus le 27 mars 1896, à la dose de 2lit,5 au mètre carré, répartis et enterrés superficiellement au râteau ; les bouteilles à eau de drainage étaient vides.

A partir de ce moment jusqu'au 12 octobre (199 jours), les eaux furent recueillies et MM. Graftiau et Hendrick y ont opéré le dosage de l'azote nitrique, chaque fois que le volume de l'eau recueillie était d'un litre au moins. Notre étude comprend en tout 104 déterminations d'azote, faites en double [1].

Pendant toute la durée de l'expérience, la terre est restée nue, sans végétation aucune.

Avec l'élévation de la température dans le courant des mois de mai et de juin, le titre en azote des eaux de drainage montait rapidement, atteignant quelquefois, pendant l'été et dans les cases ayant reçu de l'engrais liquide, le taux élevé de 70 milligr. par litre.

Le volume des eaux de drainage produites pendant la période expérimentale était, en moyenne pour toutes les cases de végétation, de 75 litres par mètre cube de terre, pour une hauteur de pluie de 291 millimètres.

1. L'analyse a été opérée d'après la méthode Schlœsing-Grandeau, contrôlée par celle de Warington-Fleck. (Voir : *Recherches de Chimie*, etc., t. II, p. 180 et 243.) Il a été constaté à nouveau que la réduction des nitrates par le couple zinc-cuivre n'est complète que dans des liquides très étendus, quelques milligrammes d'azote par litre.

La méthode de Grandval et Lajoux reposant sur la formation d'acide picrique donne également d'excellents résultats lorsqu'on a à doser de faibles quantités d'azote. Dans ces conditions, elle est de toutes les méthodes exactes, la plus rapide ; nous publierons sous peu une méthode complète sur ce procédé.

Voici, par case soumise à un régime différent, la quantité d'azote nitrique recueillie du 27 mars au 12 octobre 1896 :

NUMÉROS des cases.	ENGRAIS.	AZOTE NITRIQUE en grammes.
1	Rien	2 112
2	Engrais liquide brut	3 209
3	Engrais liquide brut, à 1 p. 100 d'acide sulfurique.	2 995
4	Engrais liquide brut, à 1 1/2 p. 100 de sulfate de zinc	3 048
5	Engrais liquide brut, à 1 1/2 p. 100 d'acide phosphorique (liquide du commerce)	2 992
6	Engrais liquide brut, à 1 1/2 p. 100 d'acide phosphorique (extrait aqueux d'un superphosphate)	3 192

Si, pour rendre plus frappante la comparaison, nous exprimons par 100 la quantité d'azote produite par 1 mètre cube de terre fumée par 2^{lit},5 d'engrais liquide brut, nous obtenons pour les cases différemment traitées, respectivement :

93.3 95.0 93.2 99.5

Ces chiffres, vu les conditions d'une expérience en grand, sont certainement assez rapprochés pour devoir conclure que le traitement de l'engrais liquide par des germicides n'a pas eu d'influence déprimante sur la nitrification de l'azote du sol ni de celui de l'engrais.

Il est démontré depuis quelques années par divers expérimentateurs que l'absorption de l'azote élémentaire par les légumineuses s'opère sous l'influence d'un microbe vivant en symbiose dans les nodosités que portent les racines des plantes de cette grande famille. La stérilisation complète du milieu nutritif empêche ce phénomène de se produire. Par conséquent, si les matières excrémentielles désinfectées dans un but hygiénique renfermaient encore, après les réactions qui s'y opèrent, un excès de germicides suffisant pour tuer les microbes utiles du sol, l'emploi agricole de ces matières serait à rejeter : elles empêcheraient la formation des nodosités et aucun gain d'azote ne serait réalisé.

Après avoir démontré plus haut que l'engrais liquide stérilisé n'est pas nuisible à la nitrification, nous devions rechercher encore

comment il se comporte envers la particularité physiologique qui favorise la vie des légumineuses.

Six pots ont été remplis chacun de 10 kilogr. de terre d'une tréflière, terre que nous savions suffisamment pourvue du microbe spécial par suite d'expériences antérieures[1] auxquelles elle nous avait servi. La terre a été arrosée avec 50 centimètres cubes d'engrais liquide stérilisé par les mêmes produits que ceux employés dans les cases de végétation, savoir :

NUMÉROS des pots.	ENGRAIS.
1	Rien.
2	Engrais liquide brut.
3	Engrais liquide brut + 1 1/2 p. 100 d'acide sulfurique.
4	Engrais liquide brut + 1 1/2 p. 100 de sulfate de zinc.
5	Engrais liquide brut + 1 1/2 p. 100 d'acide phosphorique (liquide du commerce).
6	Engrais liquide brut + 1 1/2 p. 100 d'acide phosphorique (extrait aqueux d'un superphosphate).

Les lupins ont été plantés le 2 juin 1896 ; la levée s'est opérée le 10 juin. Assez chétive d'abord, la végétation s'est peu à peu montrée d'une belle venue ; les plantes, après une belle floraison, ont donné des gousses. Récoltées le 10 octobre et débarrassées de la terre par un lavage à eau courante, toutes les plantes de chaque pot étaient richement garnies de nodosités radicales. Nous publions à titre de preuve (voir page 133) la photographie de plantes produites par le pot n° 4, au sulfate de zinc.

Conclusions.

Un mélange d'excréments humains liquides et solides, traité par les germicides suivants : acide sulfurique, acide phosphorique, extrait aqueux de superphosphate, sulfate de cuivre, sulfate de zinc, chlorure de zinc et lysol, à la dose de 1 à 1 1/2 p. 100 suivant la

1. *Recherches de Chimie et de Physiologie appliquées à l'agriculture*, t. II, p. 212 et 252. Contribution à la question de l'azote.

substance, n'a plus donné lieu à aucun développement de colonies de microbes.

Employée dans la proportion de 20 et 25 mètres cubes à l'hectare, la vidange stérilisée n'a pas entravé, ni même retardé la germination du lin, du colza, de l'avoine, du froment, du maïs, de la betterave et du trèfle ; elle n'a exercé aucun effet nuisible sur la quantité et la qualité de la récolte de la pomme de terre, du maïs et de la betterave fourragère.

La vidange stérilisée n'a pas arrêté l'action du microbe nitrifiant, ni du microbe vivant en symbiose dans les nodosités du lupin. La quantité d'azote nitrique produite dans l'espace de plusieurs mois par un mètre cube de terre fertilisée par la vidange stérilisée, est égale à celle obtenue dans les mêmes conditions par la terre ayant reçu la vidange brute. Les lupins cultivés dans des pots avec des excréments stérilisés étaient, les uns comme les autres, richement garnis de tubercules radicaux.

En appliquant le résultat de notre étude à la pratique, nous devons poser la question : lequel, parmi les agents germicides, convient-il de recommander à l'emploi usuel, en ayant en vue l'utilisation des engrais liquides comme matière fertilisante ?

Ou autrement dit, lequel, parmi les agents reconnus actifs, est le plus commode et le moins cher, sans présenter du danger pour les personnes qui le manipulent et sans nuire aux qualités fertilisantes des matières excrémentielles ?

Ces réserves éliminent tout d'abord la *chaux,* malgré son action parasiticide énergique et bien connue, son emploi entraînant fatalement des pertes d'ammoniaque. Le *chlorure de chaux* et le *chlorure de mercure,* très actifs dans d'autres conditions, ne conviennent pas à la stérilisation de matières renfermant une proportion élevée de sels ammoniacaux. Le prix de l'*acide phénique* et du *lysol,* ce dernier d'une grande efficacité, restreint leur emploi aux hôpitaux. Il en est de même de l'*acide sulfurique,* pourtant remarquable comme effet, sa manipulation présentant un réel danger. Il ne doit être mis que dans les mains de personnes habituées à son maniement, telles que les gardes-malades d'hôpitaux ou le personnel spécial de désin-



fecteurs, qui fonctionne en cas d'épidémie et sur l'intervention des autorités.

Nous n'ignorons pas que l'industrie, dans le but de rendre l'emploi de l'acide sulfurique plus commode et sans danger, prépare maintenant des poudres[1], poussière de tourbe, charbon, sulfate de chaux, auxquels on a fait absorber des acides minéraux (sulfurique et phosphorique) et que le superphosphate lui-même n'est pas autre chose que du plâtre imprégné d'acide phosphorique ; mais ces préparations, appropriées au traitement de mélanges d'excréments d'animaux et de litières, recommandables aussi pour la stérilisation des selles dans les chambres des malades, ne conviennent pas à la stérilisation d'une quantité un peu importante de déjections humaines recueillies dans une citerne.

Pour réaliser celle-ci, c'est-à-dire pour porter le taux du principe actif à 1 ou 1 1/2 p. 100 de l'engrais liquide, on doit lui incorporer une proportion si élevée de matières solides, le véhicule du germicide, que le mélange intime de toute la masse est fort difficile et qu'il devient impossible de vider la fosse à l'aide d'une pompe dont la tuyauterie et le corps même seraient vite obstrués. Le plâtre acide et le superphosphate produisent une véritable précipitation, une coagulation des matières fécales en suspension.

En nous basant sur nos essais et sur les considérations qui précèdent, il nous reste pour la stérilisation en grand des excréments humains, que nous avons seule en vue dans ce travail : le *sulfate de cuivre*, le *sulfate de zinc*, le *chlorure de zinc* et l'*acide phosphorique.*

Au cours actuel, le sulfate de zinc est d'un prix plus réduit que le sulfate de cuivre. Le chlorure de zinc est le moins cher des trois, mais, comme il est moins efficace que les sulfates, il en faut une quantité plus forte, ce qui annule cet avantage.

Mais nulle de ces substances ne renfermant un principe nutritif essentiel des végétaux, il est recommandé en fin de compte d'opérer

1. MÜNTZ et GIRARD, *Les Engrais*, t. I.
VOGEL, *Die städtischen Abfallstoffe*. Berlin, 1896.
LUCKE, *Résumé des travaux de Stutzer*. Halle, 1896.

la stérilisation du contenu des citernes par l'*acide phosphorique liquide* que le commerce fournit actuellement à une concentration de 45 à 50 p. 100, et dont le prix d'achat envisagé comme stérilisant est fortement réduit par la valeur intrinsèque qu'il représente comme principe fertilisant.

Il présente encore cet avantage de pouvoir être employé tel qu'il arrive, tandis que les sulfates de cuivre et de zinc doivent être dissous auparavant. En effet, on ne peut juger ces sels directement dans la citerne, leur dissolution et leur mélange avec les matières fécales se faisant fort lentement dans ces conditions.

La stérilisation d'un mélange d'excréments humains solides et liquides est en général complète lorsque le taux des trois germicides que nous recommandons atteint 1 à 1 1/2 p. 100. La composition du contenu des citernes étant naturellement fort variable, son état de fluidité et la nature des microbes qui y vivent jouant un grand rôle dans l'exécution de la stérilisation, et enfin le cubage des matières à traiter et le pesage des produits chimiques ne se faisant pas facilement dans la pratique, il est à conseiller de ne pas opérer *quantitativement* mais *qualitativement*. C'est-à-dire, sans se préoccuper du pourcentage à atteindre, de verser l'acide phosphorique liquide ou les dissolutions des sulfates peu à peu dans la fosse, de brasser la masse et d'attendre la fin du dégagement d'acide carbonique, ce qui se constate par l'abaissement de la mousse. On ajoute ensuite une nouvelle quantité de désinfectant, jusqu'au moment où un papier bleu de tournesol plongé dans l'engrais liquide prend une couleur rouge. Si l'on veut agir consciencieusement, on essaie à nouveau au papier de tournesol après une heure et après un nouveau brassage. Si la réaction s'est maintenue acide, l'opération a réussi et l'on peut considérer l'engrais comme étant stérilisé, pratiquement parlant.



ÉTUDE

SUR

L'EMPLOI DES ENGRAIS PHOSPHATÉS

SUR

LES TERRES DE L'INFRA-CRÉTACÉ DE LA PUISAYE

Par M. POTIER

PROFESSEUR SPÉCIAL D'AGRICULTURE A SAINT-SAUVEUR-EN-PUISAYE (YONNE)

I

L'usage des engrais phosphatés commençant à se répandre dans la Puisaye, dont les sols sont pauvres en calcaire et en acide phosphorique, il m'a paru utile de déterminer par des essais culturaux sous quelles formes ces engrais doivent être donnés aux terres de cette région et à chacune des plantes qui en composent l'assolement.

Les recherches de ce genre ont un intérêt direct bien évident. Ce sont elles qui nous fournissent les moyens de résoudre cette question très importante, à savoir : *quelles sont les fumures phosphatées économiquement les plus avantageuses dans tous les cas qui peuvent se présenter ?*

Sans doute, la science agronomique nous donne actuellement des règles générales très précieuses ; mais il est indéniable qu'elles ont besoin d'être vérifiées, modifiées même, en un mot, elles doivent

être mises au point suivant les lieux et les circonstances en s'appuyant sur les résultats obtenus dans les expériences directes en plein champ. L'analyse complète ou partielle du sol rend, il est vrai, de grands services dans le choix des engrais ; la détermination du calcaire notamment (aujourd'hui une opération à la portée de tout le monde) nous permet de préjuger assez exactement de la nature des engrais phosphatés à appliquer à la plupart de nos sols. Néanmoins il faut reconnaître que les données du laboratoire sont parfois insuffisantes et le dernier mot appartient sans conteste aux champs d'expériences. En les multipliant sur les sols types de toutes les formations géologiques d'une région, on en retire des indications précises d'une grande portée pratique et susceptibles de quelques généralisations très profitables aux praticiens.

Ce sont aussi, il faut l'ajouter, les résultats acquis dans les champs d'expériences qui permettent de créer en toute confiance les champs de démonstration.

C'est ainsi des résultats recueillis dans les champs d'expériences que j'ai pu établir dans la Puisaye que je me propose de donner ici une courte analyse.

II

ORIGINE GÉOLOGIQUE DES SOLS DE LA PUISAYE

Nos expériences se rapportent aux sols issus du crétacé inférieur du S.-O. du département de l'Yonne. Cette formation est composée d'une série de couches souvent fort épaisses, alternativement argileuses, sableuses, rocheuses ou ferrugineuses.

Ces assises forment sur la rive gauche de l'Yonne une bande de terrains adossés d'une part, au N.-E., au pied de la terrasse portlandienne de l'Auxerrois et, s'étendant parallèlement vers le N.-O. sur une largeur de 10 à 12 kilomètres, elles viennent butter contre les plateaux tertiaires du Gâtinais. Cette région a un facies particulier.

C'est une suite de vallons où la fraîcheur à peu près constante du sol ou du sous-sol entretient une végétation forestière luxuriante, qui encadre agréablement les cultures et dont l'ensemble contraste



si bien avec les coteaux dominants, pierreux, secs et découverts, de l'oolithe supérieure.

Il y a entre ces deux formations (oolithe supérieure et crétacé inférieur) une brusque transition. L'une, calcaire, très perméable, propre à la vigne, au noyer, à la luzerne, moyennement riche en potasse et en acide phosphorique, est totalement livrée à la culture. L'autre, celle qui nous occupe, aux vallons frais et souvent humides aux bords des étangs qu'on y rencontre encore, est formée de sols d'une fertilité initiale bien inférieure aux précédents. Pauvres en calcaire et en acide phosphorique, ces terres se couvrent spontanément de houx, fougères, genêts, ajoncs, digitale, d'agrostis, de petite oseille, de miboras et de droues. La marne empruntée aux couches supérieures du portlandien et à la craie inférieure de la vallée du Loing a transformé la culture de cette région.

Le seigle a fait place au blé; la culture des plantes sarclées a réduit de beaucoup la sole de jachère; les prairies artificielles et temporaires, trèfle et ray-grass, ont donné jusqu'à ces derniers temps des fourrages abondants et d'assez bonne qualité. Les effets du marnage qui remontent souvent à plus de 40 ans s'effacent aujourd'hui et au dire des cultivateurs les marnages nouveaux sont sans efficacité.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les engrais phosphatés fassent merveille sur ces sols frais de la Puisaye dont la richesse très médiocre ne peut être entretenue que par l'apport poursuivi de matières fertilisantes empruntées au dehors.

Comme j'espère le montrer dans l'exposé qui va suivre, les engrais phosphatés produisent dans ce pays des améliorations immédiates et durables que je vais essayer de mettre en relief.

Les expériences ont été entreprises sur les sols suivants en adoptant la désignation de la *Carte géologique détaillée du service des mines*. Ce sont par ordre d'ancienneté :

L'assise argileuse du néocomien C_{3-4}; les assises sableuses ou silico-argileuses ferrugineuses, des argiles bariolées C_2, des argiles à plicatules C^1 des sables et grès ferrugineux C^1, puis les argiles de Myennes C^2, enfin les sables de la Puisaye C^3 (dont l'épaisseur est de plus de 80 mètres) qui forment à eux seuls les trois quarts des terres cultivées.

Sables ferrugineux de la Puisaye C', de la carte géologique détaillée.

Thureau de Saint-Sauveur.

Le champ, situé à 315 mètres d'altitude, domine la vallée du Loing ; il est siliceux-gréseux-ferrugineux. Négligé depuis plusieurs années, il est considéré comme pauvre. En jachère nue en 1894, il est emblavé le 16 octobre avec du blé bleu et du blé au budeau, après avoir reçu environ 25000 kilogr. de fumier à l'hectare.

C'est cette terre superficielle, boueuse en hiver, sèche en été, que nous avons choisie comme type des terrains de cette catégorie situés sur les sommités.

Les parcelles d'un are traitées aux engrais minéraux étaient formées de planches de 3 mètres de large ; toutes étaient séparées de leur voisine par un témoin de même largeur. Cette multiplication des parcelles témoins permet de mettre très bien en relief l'action des engrais et surtout elle donne le moyen de reconnaître si, par suite du défaut d'homogénéité du sol, il n'y a pas lieu de rectifier les résultats obtenus sur l'une ou l'autre des parties du champ. L'expérience m'a montré que dans notre région cette multiplicité des témoins est indispensable ; souvent le rendement de ces lots témoins varie dans d'assez grandes limites d'un bord à l'autre d'une pièce. On ne peut donc considérer comme imputable à l'engrais étudié que l'excédent de la parcelle sur ses 2 voisines témoins.

Si on se contente de laisser un lot témoin au hasard, on s'expose à conclure prématurément et à commettre de bonne foi de très graves erreurs.

Le but de notre expérience était :

1° De mettre en comparaison les engrais phosphatés que nous avions reconnus depuis plusieurs années comme les seuls recommandables à cause de leur efficacité, ce sont le superphosphate de chaux, les scories, le phosphate précipité.

Ces engrais mis séparément ou associés à une fumure minérale azotée d'automne (sulfate d'ammoniaque) ou de printemps (nitrate

de soude) ont été ainsi placés dans toutes les conditions favorables à leur comparaison.

2° Les engrais potassiques seuls ou associés aux phosphates ont été employés pour montrer aux cultivateurs l'erreur coûteuse qu'ils commettent en achetant des engrais complets tout préparés par le commerce, enfin ces engrais ont été employés également dans le but de reconnaître si dans la suite ils ont quelque influence sur le développement des légumineuses composant la prairie temporaire : trèfle, ray-grass, qui succède à l'avoine.

Les résultats obtenus ont été des plus nets pour ceux qui ont suivi cette expérience pendant la durée de la végétation.

Les engrais phosphatés, les scories à l'égal du superphosbate se sont révélés dès le début du tallage automnal par la vigueur exceptionnelle des parcelles traitées, par le départ précoce de la végétation à la sortie de l'hiver, la grande régularité des chaumes et des épis ; enfin une maturité précoce de huit jours permettait à ces parcelles d'échapper à l'échaudage. Tandis que les grains de parcelles témoins étaient longs, glacés, les autres étaient renflés jaunes et à cassure fraîche, farineuse. C'est là un effet opposé à celui des engrais azotés et qui a son importance.

A la moisson, les gerbes ont été pesées en complet état de dessiccation, les pesées de la paille et du grain faites lors du battage, qui a suivi quelques jours après, nous ont donné les résultats suivants ramenés à l'hectare et consignés dans le tableau I.

Ces chiffres méritent de retenir l'attention. En comparant les rendements et en mettant en regard la dépense occasionnée par la fumure minérale, il ressort de ces chiffres :

1° Qu'à l'aide des phosphates le rendement passe de :

2 400 à 5 600 pour la paille, soit un écart de 3 200 kilogr.
1 450 à 3 150 pour le grain, — de 1 700 —

Cet écart considérable, prévu par les estimations faites avant la récolte, serait certainement atténué sur une semblable terre soumise à une culture mieux entendue : nous en avons la preuve dans d'autres expériences faites sur le même sol. Mais en admettant qu'on fasse subir une réduction à cet excédent de rendement afin de se placer

TABLEAU I. — Expériences sur engrais complémentaires appliqués au blé d'automne (Noé). Sol silicéo-ferrugineux C^3. Année 1894. (Thureau de Saint-Sauveur.)

DÉSIGNATION DES PARCELLES ET DES FUMURES.	PRIX des engrais minéraux complémentaires.	RENDEMENT en paille.	EXCÉDENT dû à la fumure complémentaire.	RENDEMENT en grain.	EXCÉDENT dû à la fumure complémentaire.
	fr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Témoin fumier seul	»	*2 400*	»	*1 450*	»
1 Scories de Longwy 16/18 de PO^5, total 1 000 kilogr	50	5 600	3 200	3 150	1 700
2 Même fumure additionnée de KCl, 200 kilogr.	98	5 600	3 200	3 150	1 700
3 Même fumure additionnée de $KOSO^3$, 200 kilogr.	102	5 600	3 200	3 150	1 700
4 Scories 16/18 + 200 kilogr. nitrate de soude en mars 1895.	100	7 000	4 600	3 350	1 800
5 Série aux superphosphate 13/15. 300 kilogr..	22,50	4 350	1 950	2 400	950
6 — 400 —	30	4 400	2 400	2 480	1 030
7 — 600 —	45	5 400	3 000	3 050	1 600
8 — 800 —	60	5 450	3 050	3 075	1 625
9 — 600 + 200 kilogr. $KOSO^3$ . .	97	5 450	3 050	3 075	1 625
10 — 600 + 200 kilogr. KCl . . .	93	5 450	3 050	3 075	1 625
11 — 600 + 200 kilogr. sulfate d'ammoniaque mis à l'automne 1894	105	5 400	3 000	3 050	1 600
12 — 600 + 200 kilogr. nitrate de soude printemps 1895 . .	95	6 300	3 900	3 180	1 730
13 — 800 + $KOSO^3$ 200 + 200 kilogr. sulfate d'ammoniaque automne	172	4 900	2 500	2 900	1 450
14 Phosphate précipité, 250 kilogr. . . .	»	5 150	2 750	2 900	1 450
15 Chlorure de potassium seul, 200 kilogr.	48	2 400	»	1 450	»
16 Sulfate de potasse seul, 200 kilogr . .	52	2 400	»	1 450	»
17 Sulfate de potasse 200 + 200 kilogr. nitrate de soude	102	4 050	1 650	1 980	530
18 Nitrate de soude, 200 kilogr	50	3 650	1 250	1 780	330
Témoin fumier seul	»	*2 470*	»	*1 550*	»

dans les conditions les meilleures de la bonne culture de ce pays, il n'en reste pas moins acquis que les engrais phosphatés sont le complément indispensable du fumier dans la culture du blé.

Scories et superphosphates. — Les superphosphates sont les seuls engrais phosphatés employés sous le nom de guano par nos cultivateurs. La comparaison entre le rendement et les prix de ces deux fumures montre qu'il y a ici pour une dépense égale *équivalence d'action*. C'est à retenir, car je montrerai plus loin l'influence prolongée de ces catégories d'engrais dans l'assolement, c'est ce qui nous permettra de conclure sans réserve.

Enfin, en comparant les parcelles 5, 6, 7, 8 à doses variables de superphosphates le calcul montre que, abstraction faite de la paille, on obtient,

Avec	22 fr. 50 c.	par hectare	un excédent de	950 kilogr.	de grains.
—	30 fr.	—	—	1 030	—
—	45 fr.	—	—	1 600	—
—	60 fr.	—	—	1 625	—

Jusqu'à 600 kilogr. les fumures de superphosphates peuvent être avantageusement employées; au delà, il y a perte; en deçà, suivant les ressources dont ils disposent, les cultivateurs pourront adopter les doses modérées qui seront toujours rémunératrices dans ces sols pauvres.

L'examen des rendements des parcelles 2, 3, 9, 10, 15, 16 montrent l'inutilité des engrais potassiques.

Quant aux engrais azotés, les parcelles 11 et 13 révèlent l'inefficacité du sulfate d'ammoniaque. Le nitrate de soude répandu simplement à la surface n'a pas été enterré à la herse comme le font avec raison les cultivateurs soigneux, aussi n'a-t-il donné qu'un excédent de rendement insuffisant. Il n'a pas dépendu de moi d'éviter la coupable incurie qui rend toujours ici ces engrais peu rémunérateurs; le hersage doit ne jamais être négligé pour enterrer cet engrais dont le prix justifie assez les moyens propres à en assurer le maximum d'action.

Enfin la parcelle 13 nous montre que, malgré les engrais incor-

porés à haute dose à un sol déterminé, on ne peut espérer d'un seul coup augmenter proportionnellement sa puissance productive.

Aux Michauts (Moutiers).

Une expérience établie sur le même plan à 3 kilomètres de la première sur un sol de même origine et de constitution identique nous a donné également en 1895 des résultats qui confirment en tous points ceux que nous venons d'exposer. Je n'y insiste donc pas.

Argiles de Myennes C², de la carte géologique détaillée.

Blé 1894.

Les sols de cette nature sont situés autour des premiers à la base des vallons; ils sont généralement silico-argileux, froids, un peu pierreux (rognons gréseux,), mais le sous-sol formé d'une argile jaune ou noirâtre, schisteuse, est absolument imperméable. Le drainage s'y impose : sinon, le blé languit et au printemps il est clairsemé ; plus de la moitié est détruit par l'humidité. Ainsi assainis, ces terrains doivent, sans doute à leur situation, d'être susceptibles de donner des récoltes plus abondantes et plus assurées que celles des sables ferrugineux, rocheux de la Puisaye.

En 1893, la prairie temporaire qui occupait ce terrain depuis 3 ans fut rompue au printemps. L'avoine semée sur ce labour frais ayant mal réussi, après la récolte on donna un labour de déchaumage suivi d'un labour moyen qui a enterré en fin de septembre le fumier semé sur la moitié inférieure du champ.

Les engrais minéraux ont été répandus sur le labour avant le hersage des semailles, le 16 octobre 1893.

Cette expérience, faite un an avant la précédente, comportait la comparaison des principaux phosphates ; j'y avais ajouté la viande moulue, engrais qui avait été trop facilement accepté à ce moment par nos cultivateurs.

Comme au Thureau, l'acide phosphorique apporté sous les formes

facilement assimilables a produit des effets physiologiques extrêmement remarquables. L'hiver rigoureux de 1893-1894 n'a atteint que les parcelles témoins ou à phosphates fossiles ; pendant la végétation la différence de vigueur s'est soutenue, la maturité a été également avancée.

La récolte faite le 18 juillet nous a donné les résultats réunis dans le tableau II. On constate comme précédemment : 1° que pour une dépense sensiblement égale de scories et de superphosphate on obtient des résultats presque identiques ; 2° la différence de 200 kilogr. que l'on constate en faveur des superphosphates rentre dans la limite des variations indépendantes de la nature de la fumure.

Le phosphate précipité a même valeur que la précédente, tandis que les phosphates minéraux de l'Oise, des Ardennes et de l'Auxois ne se sont pas mieux révélés à la récolte que pendant la végétation, où il n'a jamais été possible de leur attribuer une influence quelconque. Ils ont été complètement inertes comme partout d'ailleurs où je les ai essayés sur les terres régulièrement soumises à la culture.

L'engrais azoté organique, la viande moulue, au prix indiqué est un engrais très inférieur aux scories, les cultivateurs n'ont aucun intérêt aux prix actuels à se procurer cette matière particulièrement facile à adultérer.

Quant à la dose la plus avantageuse de superphosphate, l'examen des parcelles 4, 5, 6, 7, 8 et 9 indique clairement que la dose de 600 kilogr. ne doit pas être dépassée.

Sables et grès ferrugineux C^1, argiles à plicatules C_1, argiles bariolées C_2.

De semblables constatations ont été faites sur les sols siliceux des sables et grès ferrugineux C^1 des argiles à plicatules C_1, enfin des argiles bariolées C_2. Ces couches présentent entre elles de très grandes analogies de composition physique ; elles forment une ceinture étroite très constante de caractère à la base des sols de la Puisaye et sépare ceux-ci des assises argileuses du néocomien infé-

TABLEAU II. — Blé 1893-1894. Argiles de Myennes C². Sols silicéo-argileux pierreux.

DÉSIGNATION DES PARCELLES ET DES FUMURES complémentaires.	PRIX de la fumure minérale.	RENDEMENT en paille.	EXCÉDENT dû à la fumure minérale.	RENDEMENT en grain.	EXCÉDENT dû à la fumure minérale.
	fr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
1re Série. — Engrais minéraux associés à 15000 kilogr. de fumier par hectare.					
Témoin fumier seul	»	*3 650*	»	*2 300*	»
1 Phosphate de l'Oise, 980 kilogr.	46	4 000	350	2 500	200
2 — de l'Auxois, 634 kilogr.	46	4 000	350	2 500	200
3 — des Ardennes, 920 kilogr.	46	4 000	350	2 500	200
4 Superphosphate minéral 13/15, 600 kilogr.	46	6 200	2 550	3 600	1 300
5 Superphosphate d'os 16/18, 420 kilogr.	46	6 300	2 650	3 650	1 350
6 — minéral 13/15, 1 200 kilogr.	92	6 500	2 550	3 800	1 500
7 Superphosphate d'os 16/18, 840 kilogr.	92	6 300	2 650	3 700	1 400
8 — minéral 13/15, 900 kilogr.	69	6 300	2 650	3 700	1 400
9 Superphosphate d'os 16/18, 630 kilogr.	69	6 200	2 550	3 600	1 300
10 Phosphate précipité, 180 kilogr.	46	6 150	2 500	3 500	1 200
11 Scories de Jœuf, 920 kilogr.	46	6 100	2 450	3 450	1 150
12 Viande moulue 10/10. Azote organique, 290 kilogr.	50	4 600	950	2 700	400
2e Série. — Engrais phosphatés seuls employés sans fumier. Pâture ancienne défrichée.					
Témoin ni fumier ni engrais minéraux.	»	*2 850*	»	*1 800*	»
13 Phosphate des Ardennes, 1 000 kilogr.	50	2 850	0	1 800	0
14 Scories de Jœuf, 1 000 kilogr.	50	6 000	3 150	3 400	1 600
15 Superphosphate minéral 13/15, 600 kilogr.	46	6 000	3 150	3 400	1 600

rieur. Leur composition oscille autour de celles-ci prises comme types.

Terre fine : argile et sable ténu	950	970
Cailloux, gravier	50	30
Azote	0.73	1.02
Acide phosphorique	0.37	0.44
Potasse	2.24	1.40
Calcaire p. 100	0.08	0.20

Ces sols forment le fond des vallées ; imperméables, comme on peut le voir d'après cette analyse, où la portion ténue forme plus des 9/10[es] du poids de la terre, ils bénéficient beaucoup des amendements calcaires et les phosphates métallurgiques équivalents aux superphosphates dans la culture du blé.

J'y reviendrai d'ailleurs au sujet des fourragères sarclées.

Calcaires à spatangues et marnes ostréennes.

Ces assises qui forment la base de l'infra-crétacé et s'appuient sur le portlandien, donnent des sols argileux compacts couleur brun jaunâtre, d'une culture extrêmement difficile.

Le sous-sol formé soit d'une argile grise ou noire, soit de bancs de petites pierres caverneuses de gris fumée à oolithes ferrugineuses a la plus grande influence sur les facultés productrices du sol.

La nature du sol permet la culture de la luzerne et le blé y réussit bien, mais lorsqu'il est argileux ce sol ne se prête qu'à la culture du blé après jachère. Le succès des cultures réside principalement dans l'opportunité de façons mécaniques qui doivent aboutir à un ameublissement convenable permettant des semailles précoces. Aussi l'influence des engrais complémentaires n'est plus aussi marquée que dans les sols précédents, du moins en ce qui concerne le blé. Les cultivateurs les emploient néanmoins avec profit. On obtient :

Avec fumier seul un rendement de 16 à 18 hectolitres par hectare.

Avec superphosphates 600 ou 1 000 kilogr. de scories, 24 à 26 hectolitres par hectare.

Dans ces terres si rebelles à l'ameublissement le travail mécanique prime les fumures; l'engazonnement du sol nous paraît, concurremment avec le drainage, l'amélioration la plus heureuse. On obtiendrait ainsi des pâtures riches en légumineuses, ainsi qu'on peut le prévoir d'après la végétation spontanée.

Après avoir ainsi passé en revue toutes les formations géologiques de la Puisaye, il me paraît inutile de rapporter les résultats des autres expériences que j'ai instituées sur le blé.

Elles confirment les résultats précédents; elles nous permettent donc de déduire les conclusions suivantes :

1° L'emploi des engrais phosphatés comme complément du fumier est à recommander sur toutes les terres de la Puisaye, soumises à l'assolement du pays;

2° Dans les sols silicéo-ferrugineux ou silicéo-argileux des couches supérieures de l'infra-crétacé leur influence sur le rendement est de beaucoup supérieure à celle qu'on en obtient sur les sols argileux ou argilo-calcaires du calcaire à spatangues et des marnes ostréennes;

3° De tous les engrais phosphatés, seuls le phosphate précipité, les scories de déphosphoration, à dosage élevé et garanti et le superphosphate sont à recommander; à prix égal, ces fumures d'origine différente sont d'une efficacité directe analogue.

Les doses de 500 à 600 kilogr. de superphosphate à 15 p. 100; 800 à 1 000 kilogr. de scories 16/18; 200 à 250 kilogr. de phosphate précipité, sont les meilleures doses, il n'y a aucun intérêt économique à les augmenter; les frais de la fumure se maintiennent ainsi de 45 à 50 fr. par hectare.

Céréales de printemps.

Les excellents effets de l'apport supplémentaire d'acide phosphorique pour le blé nous ont conduit à vérifier si, dans les mêmes conditions, cette influence est aussi marquée et aussi avantageuse, lorsqu'on applique directement aux céréales de printemps, avoine et orge, les mêmes engrais phosphatés.

Dans ce but, nous avons institué en 1893, 1894, 1895, 12 expériences où les engrais phosphatés et les engrais azotés étaient mis

en comparaison. Ces céréales succédaient à des blés ayant reçu exclusivement du fumier de ferme, quelques-unes succédaient à une pâture de 4 à 5 ans. Les conditions étaient donc absolument identiques à nos essais sur le blé et à *priori* on pouvait espérer des résultats analogues à ceux que nous avons rapportés. Il n'en a rien été, sauf dans un cas de défrichement de lande, où ces engrais ont eu une influence marquée, nous n'avons observé partout ailleurs, à la récolte, aucune différence appréciable *ni dans le poids du grain ni dans le poids de la paille.*

Ce fait observé dans toutes ces expériences n'est pas accidentel. Les résultats négatifs de ces essais ne sont pas pour cela sans intérêt et, s'il est vrai qu'il n'entre guère dans la pratique courante d'user d'engrais complémentaires sur ces céréales, ceci démontre qu'on ne saurait généraliser les effets d'une catégorie d'engrais à toutes les céréales indistinctement.

Mais il est juste de dire que si nous avons constaté que les engrais phosphatés ne sont pas avantageusement employés sur ces plantes, ce n'est pas qu'elles soient insensibles à l'acide phosphorique. Nous avons remarqué au contraire sur toutes nos parcelles à superphosphates, scories et phosphate précipité, une végétation de début beaucoup plus régulière, plus précoce que sur les voisines, mais cette phase rapide du début aboutissant à une maturité avancée de 8 à 10 jours n'a pas eu pour effet, comme dans le cas du blé, d'*augmenter d'une façon sensible le rendement.*

Il en est tout autrement des engrais azotés solubles : sauf lorsque l'avoine succède à une vieille pâture défrichée à l'automne, le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque sont employés avantageusement au moment de la semaille ou quelque temps après. Mais il est à remarquer que cette influence des engrais azotés est entièrement variable ; elle est subordonnée aux conditions météorologiques du printemps et leur réussite n'est pas aisée à prévoir. Dans notre région, la sécheresse en fin mai et juin est désastreuse pour ces céréales.

Les engrais phosphatés et les plantes sarclées.

Dans nos exploitations, les plantes sarclées occupent du sixième au quart de la sole de jachère; on cultive ainsi en vue du fourragement d'hiver principalement la betterave fourragère, la pomme de terre, à laquelle, à mon avis, on ne donne pas assez d'importance, le choux-navet et enfin la carotte.

Nous avons cherché s'il n'y aurait pas intérêt pour les cultivateurs à ajouter (principalement lorsqu'à la suite de pénurie fourragère, ils disposent d'une quantité insuffisante de fumier) des engrais phosphatés à la fumure ordinaire. A ces engrais nous avons associé les sels minéraux azotés, enfin des sels potassiques afin de reconnaître si dans le cas de cultures réputées exigeantes en potasse l'emploi de ces dernières ne serait pas de même que pour les céréales une ruineuse superfétation. Nous allons examiner successivement l'action de ces engrais sur: betteraves, choux, raves, pommes de terre et carottes.

Betteraves fourragères.

Il est d'usage, et l'expérience montre que cette pratique se justifie à tous les points de vue, d'élever les betteraves en pépinière pour les repiquer sur billons fin mai ou juin. J'ai montré dans les *Annales agronomiques* (juin 1894) que le semis, outre qu'il exige des frais d'entretien plus considérables, donne une récolte inférieure d'un tiers, souvent même de la moitié à ce qu'on peut obtenir par repiquage.

Le fumier est appliqué suivant la méthode locale avant la formation des billons; les engrais minéraux, répandus à la volée, ont été enterrés de la même manière [1].

Le nitrate de soude a été répandu à deux reprises lors des binages d'entretien. Les résultats que je vais d'abord rapporter ont été obte-

1. Cette pratique expéditive me paraît inférieure à celle qui consiste à serrer l'engrais derrière la charrue, de sorte qu'il se trouve localisé suivant l'axe des billons à une profondeur de $0^m,15$ à $0^m,18$. Des essais en cours nous permettront d'en juger cette année.



nus en 1892, année relativement anormale à cause de sa sécheresse ayant quelque analogie avec celle de 1893.

De l'examen du tableau III il ressort notamment :

1° Que, dans la circonstance, 40 000 kilogr. de fumier n'ont pas donné de meilleurs résultats que 200 kilogr. de nitrate de soude ;

2° Le nitrate de soude appliqué comme supplément du fumier à haute dose a élevé de 16 000 à 30 000 kilogr. le rendement, soit un excédent de 14 000 kilogr. avec une dépense de 50 fr. par hectare ou 220 kilogr. pour 1 fr. de dépense ;

3° Avec une dépense qui varie de 22 fr. 50 à 50 fr., suivant l'origine de l'acide phosphorique, on obtient, avec une modeste fumure de 20 000 kilogr., des rendements aussi élevés qu'avec le fumier à haute dose et nitrate de soude ;

4° Au point de vue économique, le superphosphate a été le plus avantageux.

Betteraves 1894.

Argiles de Myennes. Sol argilo-siliceux.

L'année 1894 a présenté des conditions météorologiques normales favorables à la végétation. Le fumier employé avec parcimonie était en outre de lente décomposition ayant été recueilli sur des feuilles tirées des bois. Les résultats inscrits dans le tableau IV sont des plus probants. L'examen des deux colonnes 4 et 5 fait ressortir l'influence des fumures phosphatées sur la betterave et montre qu'avec elles seules, on a obtenu des excédents variant de 23 900 à 33 700, la dépense allant de 42 fr. 50 à 70 fr. par hectare.

On voit en outre que les rendements les plus élevés sont obtenus dans la série à base de superphosphate, les scories phosphoreuses n'en ont pas moins donné un excédent dont le prix de revient est inférieur à celui de la série à superphosphate. Au point de vue du résultat économique, elles occupent donc un très bon rang.

Si ensuite on examine l'influence des engrais azotés et potassiques ajoutés aux phosphates, il est visible que les sels potassiques dont l'emploi élève si démesurément le prix de la fumure ne sont pas avantageux. Le nitrate de soude ainsi employé avant le billonnage

TABLEAU III. — Année 1892. Influence des engrais complémentaires en sols siliceux des sables de la Puisaye C³.

	TÉMOINS sans fumier ni engrais complémentaire.	NITRATE de soude seul 200 kilogr.	FUMIER seul 40 000 kilogr. (haute dose).	FUMIER 40 000 kilogr. et nitrate de soude 200 kilogr.	FUMIER 20 000 kilogr. superphosphate 300 kilogr.	FUMIER 20 000 kilogr. phosphate précipité 160 kilogr.	SCORIES du Creusot 1 000 kilogr.
Prix de ces fumures minérales. . . . . fr.	»	50	»	50	22,50	41,20	50
			Betteraves fourragères.				
Géante de Vauriac. . .	12 800	25 600	27 200	52 000	49 400	44 800	38 650
Ovoïde des Barres . . .	6 128	21 600	27 600	37 750	48 800	42 050	41 600
Globe jaune	16 960	35 200	24 000	37 880	40 800	32 950	33 280
Tankard.	13 440	»	34 270	»	44 160	36 000	29 440
Mammouth.	8 800	29 800	28 800	40 800	41 850	31 200	29 950
Moyennes générales des rendements sur les parcelles différemment fumées (chiffres ronds).	11 600	28 000	28 300	42 100	45 000	37 400	33 550
Excédents sur la parcelle témoin	»	*16 400*	*16 700*	*30 500*	*33 400*	*25 800*	*21 950*
			Betteraves à sucre.				
Améliorée Vilmorin. . .	9 040	»	21 600	»	28 400	20 000	19 600
Fouquier d'Hérouel . .	8 000	»	25 600	»	30 000	24 000	27 600
Klein Wanzleben. . . .	4 800	»	24 000	»	29 600	23 600	19 200
Électorale Knauer . . .	7 200	»	31 600	»	35 600	30 400	25 600
Blanche à sucre allemande.	8 400	»	32 400	»	38 000	30 800	22 800
Moyenne générale des rendements sur les parcelles différemment fumées	7 450	»	27 000	»	32 300	25 750	22 950

TABLEAU IV. — Année 1894. Betteraves fourragères. Sol argilo-siliceux des argiles de Myennes.

DÉSIGNATION DES FUMURES.	PRIX des fumures minérales.	PRODUIT brut à l'hectare.	EXCÉDENT total dû aux fumures minérales.	EXCÉDENT rapporté à 1 fr. de dépense.
	fr.	kilogr.	kilogr.	
Témoin fumier seul.	»	15 000	»	»
Fumier et superphosphate 16/18 os, 300 kilogr.	69,00	48 700	33 700	488
Fumier, superphosph. et nitrate de soude, 200 kilogr.	119,00	56 500	41 500	365
Fumier et superphosphate + sulfate de potasse, 200 kilogr.	123,30	47 500	32 500	264
Fumier et superphosphate + chlorure de potassium, 200 kilogr.	119,00	48 700	33 700	291
Fumier et phosphate précipité, 300 kilogr.	70,2	46 200	31 200	445
Fumier et phosphate + nitrate de soude, 200 kilogr	120,70	54 200	39 200	326
Fumier, phosph et sulf. de potasse, 200 kil.	124,50	50 000	35 000	282
Fumier et scories de Lamarche, 1 000 kilogr.	42,50	38 900	23 900	568
Fumier et scories + nitrate de soude, 200 kilogr.	93,50	47 900	32 900	355
Fumier et scories + chlorure de potassium, 200 kilogr	92,50	38 200	23 200	252
Fumures minérales complètes additionnées au fumier de ferme :				
1° Superphosphate 16/18. . . 600 k.; Nitrate de soude . . . . . 200 k.; Sulfate de potasse. . . . . 200 k.	173,8	49 200	34 200	199
2° Phosphate précipité . . . . 300 k.; Nitrate de soude . . . . . 200 k.; Sulfate de potasse. . . . . 200 k.	175,00	63 500	48 500	278
3° Scories de Lamarche. . . . 1 000 k.; Nitrate de soude . . . . . 200 k.; Sulfate de potasse. . . . . 200 k.	147,30	49 600	34 600	235

Les prix sont établis sur ceux du syndicat auxerrois :

Superphosphate d'os 16/18.	11f,40	Chlorure de potassium. .	25f,00
Sulfate de potasse.	27 ,15	Phosphate précipité. . .	28 ,40
Scories Lamarche	4 ,25	Nitrate de soude.	25 ,25

c'est-à-dire avant le repiquage des betteraves, n'a pas eu une puissance d'accroissement comparable à celle qu'il avait montrée précédemment. Son action est beaucoup plus marquée lorsqu'il est employé par doses fractionnées précédant les binages donnés pendant la végétation.

Betteraves 1896.

Argiles de Myennes C^3. Sols silico-argileux de la vallée de Branlin.

Les argiles de Myennes sur leur bord, avec les argiles bariolées, sont recouvertes d'un sol formé de silice à grains très fins réunis par une argile blanche. Le sous-sol argileux, rouge marbré de blanc, est très imperméable ; aussi, ces terres sont difficilement abordables dans les périodes pluvieuses, la végétation y est tardive, les blés sujets à un déchaussement excessif et la pomme de terre y contracte très aisément la pourriture. Ces terres sont à ce point dépourvues de calcaire que les eaux de puits employées comme potables sont toujours limoneuses : pendant les sécheresses, leur degré de clarté ne dépasse jamais l'opalescence.

Aussi les cultivateurs expriment très bien les propriétés physiologiques et physiques de ces terres qu'ils désignent sous le nom de *terres mortes*. Elles sont bien mortes, en effet, ces terres lourdes où l'action ameublissante des façons mécaniques est si vite détruite par la première pluie, qui les bat comme une aire de grange, les transformant ainsi en un bloc imperméable à l'air. Notre expérience de 1896, faite sur ces sols très médiocres, a donné les résultats suivants :

Ces chiffres indiquent une supériorité économique incontestable des superphosphates et phosphate précipité sur les scories et le phosphate fossile.

Il est à remarquer que c'est la première fois que nous constatons l'influence de ce dernier dans nos cultures : nous l'avions soupçonnée l'année précédente sur un sol semblable, ici elle ne fait aucun doute, le phosphate de l'Auxois n'est pas resté inerte vis-à-vis de la betterave et surtout pour les choux-navets. Ce fait mérite d'être vérifié.

Cette expérience montre en outre l'influence prépondérante de



TABLEAU V.

DÉSIGNATION DES FUMURES.	PRIX de la fumure minérale.	BETTERAVES.			CHOUX-NAVETS.		
		Rendement à l'hectare	Excédent dû à la fumure minérale.	Excédent obtenu avec une dépense de 1 fr.	Rendement à l'hectare	Excédent dû à la fumure minérale.	Excédent obtenu avec une dépense de 1 fr.
	fr.	kilogr.	kilogr.		kilogr.	kilogr.	
Témoin fumier seul, 18 000 kil.	»	25 000	»	»	10 000	»	»
Fumier et superphosphate 13/15, 600 kilogr.	42	36 000	11 000	262	25 000	15 000	357
Fumier et scories de Longwy 15/17, 1 000 kilogr.	46	30 000	5 000	108	29 500	19 500	424
Fumier et phosphate précipité 37/40, 200 kilogr.	46	37 000	12 000	260	24 300	14 300	310
Fumier et phosphate de l'Auxois, 700 kilogr.	45,5	35 000	10 000	242	30 000	20 000	440
Fumier et superphosphate, 600 k. + nitrate 200 kilogr. avant labour.	92	41 000	16 000	174	33 000	23 000	250
Fumier et superphosphate, 600 k. + nitrate 200 kilogr. pendant la végétation	92	44 250	19 250	209	33 000	23 000	250
Fumier et superphosphate, 600 k. + sulfate d'ammoniaque 150 k.	81	40 000	15 000	185	»	»	»
Fumier et scories, 1 000 kilogr. + nitrate 200 k. avant labour.	96	30 000	5 000	52	32 000	22 000	230
Fumier et scories, 1 000 kilogr. + nitrate 200 kilogr. pendant la végétation	96	42 000	17 000	175	34 000	24 000	250
Fumier et phosphate précipité, 200 k. + sulfate AzH^4O 150 k. avant labour.	85	45 000	20 000	235	36 400	26 400	310
Fumier et nitrate seul, 200 kil. avant labour.	50	33 000	8 000	160	16 000	6 000	120
Fumier et nitrate, 100 kil. avant labour + 100 k. en végétation.	50	30 000	5 000	100	16 000	6 000	120
Fumier et sulfate d'ammoniaque seul, 150 kilogr. avant labour.	39	31 500	6 500	160	17 500	7 500	192

Les prix étaient en 1896 :

Superphosphate 13/15, les 100 k. . . 7f,00
Phosphate précipité. . . . . . . 23 ,00
Scories 15/17 . . . . 4 ,60
Nitrate de soude 25f,00
Sulfate d'ammoniaque. . . . . . 26 ,00

l'acide phosphorique sur les choux-navets. Avec une dépense de 42 à 45 fr. par hectare, la misérable récolte de 10 000 kilogr. du lot témoin est passée à 30 000 kilogr., il n'est pas inutile non plus de faire remarquer que cette plante *paraît* en quelque sorte indifférente à la forme de combinaison de l'acide phosphorique.

En ce qui concerne les engrais azotés, on voit que, employés avant le repiquage, nitrate de soude et sulfate d'ammoniaque ont une action très inférieure à celle qu'ils possèdent lorsqu'on les répand pendant la végétation, c'est-à-dire fin juin et juillet.

Quant à la préférence à accorder à l'un ou l'autre de ces sels azotés, ici le choix paraît indifférent. Dans ces sols frais, le sulfate d'ammoniaque paraît, au prix actuel surtout, au moins égal au nitrate de soude. C'est la première fois que nous constatons un effet marqué du sulfate d'ammoniaque dans notre région.

Il me reste à examiner si de semblables résultats peuvent être attendus de l'emploi de ces engrais dans la culture de la pomme de terre. Mais, avant d'aller plus loin, il convient de rapporter ici les résultats d'une expérience faite en 1892 sur 2 plantes cultivées sur une petite surface dans la Puisaye : ce sont les carottes et le maïs-fourrage. Comme on va le voir, les résultats sont très probants et confirment les précédents.

TABLEAU VI. — Année 1893. Carottes fourragères et maïs sur sol sableux C[3].

	TÉMOINS ni fumier ni autres engrais.	FUMIER seul haute dose 40 000 kilogr.	FUMIER 18 000 KILOGR. ET superphosphate 300 kilogr.	phosphate précipité 150 kilogr.	scories 1 000 kilogr.
Carotte blanche d'Orthe	21 600	35 200	46 400	51 200	41 600
Blanche des Vosges	15 200	30 400	41 600	35 200	36 800
Longue à collet vert.	15 200	45 200	43 200	38 400	35 200
Moyennes générales des parcelles différemment traitées par fumures minérales.	17 330	36 930	43 730	41 600	41 200
Maïs caragua. Récolte en vert.	27 500	42 250	46 250	44 750	52 500

On remarque que l'emploi simultané des engrais phosphatés et

d'une petite fumure ordinaire au fumier donne de meilleurs résultats qu'une haute dose de fumier seul. Le superphosphate a eu une action supérieure aux autres engrais de la même catégorie, mais cette supériorité disparaît dans le cas du maïs céréale qui se comporte comme le blé.

Pommes de terre.

Les bons effets d'une fumure minérale appliquée directement à la culture de cette précieuse plante fourragère ne sont pas à beaucoup près aussi tangibles, aussi nets que ceux que nous avons rapportés pour les autres plantes. Cela tient à ce que le rendement de la pomme de terre est influencé dans une large mesure par la grosseur, la densité des semenceaux, par l'espacement. Une irrégularité dans le plant d'une parcelle à l'autre suffit pour masquer l'influence de la fumure ; à la suite de divers essais, nous avons constaté des variations du simple au double, suivant qu'on s'adresse aux petits ou aux gros tubercules.

Les expériences rapportées ci-dessous ont été établies sur le même plan : addition de fumure minérale enterrée au moment de la plantation après avoir été répandue à la volée à la surface du champ.

TABLEAU VIII. — Année 1894. Grès ferrugineux du Thureau C³. Sols siliceux pierreux perméables inconsistants, secs et superficiels. (*1er Essai.— Ferme des Janets.*)

DÉSIGNATION DES FUMURES.	PRIX de la fumure minérale.	RENDEMENTS BRUTS à l'hectare.				DIFFÉRENCE en + ou en — par rapport au témoin.
		Grosses.	Moyennes.	Petites.	Total.	
	fr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Témoin fumier seul, 18 000 kilogr. .	»	750	10 150	2 750	13 650	»
Scories seules, 1 000 kilogr.	42,50	450	5 500	3 750	9 700	— 3 950
Superphosphate, 600 kilogr.	47,40	550	6 300	3 750	10 600	— 3 050
Témoin.	»	»	10 000	2 250	12 250	— 1 400
Superphosphate, 600 kilogr. + 100 k. de carbonate de potasse	145,40	2 200	14 550	2 650	19 400	+ 5 750
Superphosphate + KO SO³ 200 kilogr.	74,55	3 850	14 000	3 200	21 050	+ 7 400
Scories, 1 000 kil. + KO CO² 100 kil.	140,50	1 950	9 250	2 100	13 300	+ 350
Scories, 1 000 kil. + KO SO³ 200 kil. viande moulue, 200 kilogr	134,00	1 800	13 650	2 350	17 800	+ 4 150

TABLEAU IX. — Année 1894. Pommes de terre en sols silicéo-ferrugineux et secs du Thureau C³. (2ᵉ *Essai*.)

DÉSIGNATION DES FUMURES.	PRIX de la fumure minérale.	RENDEMENTS BRUTS à l'hectare. Grosses.	Moyennes.	Petites.	Total.	DIFFÉRENCE en + ou en — sur la parcelle témoin.
	fr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
1° Témoin fumier seul.	»	350	8 950	2 000	11 300	»
Superphosphate 13/15. Seul, 600 kilogr.	47,4	1 100	13 250	2 750	17 100	+ 5 800
Superphosphate 13/15. + Sulfate de potasse, 200 k.	101,7	1 500	12 200	2 250	15 950	+ 4 650
Superphosphate 13/15. + Carbonate de pot., 100 k.	96,0	650	9 500	2 050	12 100	+ 1 800
Superphosphate 13/15. + Sulfate de potasse, 200 k. + viande moulue, 200 k.	141,7	1 300	10 150	2 650	14 100	+ 2 800
Scories phosphoreuses, 1 000 kilogr. Seules, 1 000 kilogr	42,5	250	7 000	1 900	9 150	— 2 150
Scories phosphoreuses, 1 000 kilogr. + Sulfate de potasse, 200 k.	96,5	1 600	9 350	3 300	14 250	+ 2 950
Scories phosphoreuses, 1 000 kilogr. + Carbonate de pot., 100 k.	91,5	850	9 000	2 300	12 150	+ 850
Scories phosphoreuses, 1 000 kilogr. + Sulfate de potasse, 200 k. + viande moulue, 200 k.	136,5	2 520	7 500	4 950	14 970	+ 2 670
Phosph. précipité, 300 k. Seul, 300 kilogr.	70,2	750	7 600	5 250	13 600	+ 2 300
Phosph. précipité, 300 k. + Sulfate de potasse, 200 k.	124,0	1 700	12 600	3 900	18 200	+ 6 900
Phosph. précipité, 300 k. + Carbonate de pot., 100 k.	119,2	1 500	11 800	3 250	16 550	+ 5 250
Posphate de l'Auxois, 800 kilogr. . .	51,2	1 050	7 850	1 650	10 550	— 0 750
Phosphate + sulfate de potasse, 200 k.	105,2	950	10 650	1 800	13 400	+ 2 100
2° Témoin fumier seul.	»	400	7 400	1 900	9 700	»
Superphosphate minéral seul, 600 kil.	47,4	350	12 100	2 200	14 650	+ 3 350

2ᵉ Série. Sol siliceux graveleux. Dépôt tertiaire mélangé aux sables de la Puisaye. (3ᵉ *Essai*.)

DÉSIGNATION DES FUMURES.	PRIX	Grosses.	Moyennes.	Petites.	Total.	DIFFÉRENCE
Témoin fumier seul	»	»	6 900	2 100	9 000	»
Superphosphate, 600 kilogr. Seul avec fumier.	47,4	»	5 850	2 700	8 550	— 450
Superphosphate, 600 kilogr. + Carbonate de pot., 100 k.	96,0	»	6 750	2 700	9 450	+ 450
Superphosphate, 600 kilogr. + Carbonate de pot., 100 k. + viande moulue, 200 k.	136,0	»	8 800	2 950	11 750	+ 2 750
Phosphate précipité, 300 kilogr. Seul	70,2	»	6 800	3 200	10 000	+ 1 000
Phosphate précipité, 300 kilogr. + Carbonate de pot., 100 k.	119,2	»	11 400	2 550	13 950	+ 4 950
Phosphate précipité, 300 kilogr. + Sulfate de potasse, 200 k.	124,0	»	13 050	2 700	15 750	+ 6 750
Phosphate précipité, 300 kilogr. + Carbonate de pot., 100 k. + viande moulue, 200 k.	159,0	»	14 000	2 600	16 600	+ 7 600
Scories, 1 000 kilogr. Seules.	42,5	»	7 700	3 200	10 900	+ 1 900
Scories, 1 000 kilogr. + Carbonate de pot., 100 k.	91,5	»	9 300	2 400	11 700	+ 2 700
Scories, 1 000 kilogr. + Carbonate de potasse + viande moulue, 200 kilogr.	131,5	»	13 050	3 200	16 250	+ 7 250
Carbonate de potasse seul, 100 kilogr.	49,0	»	12 550	2 350	14 900	+ 5 900

TABLEAU X. — Année 1894. Pommes de terre en sol argilo-siliceux des sables de la Puisaye C³. (4ᵉ *Essai*.)

DÉSIGNATION DES FUMURES.	PRIX de la fumure minérale.	RENDEMENTS BRUTS à l'hectare. Grosses.	Moyennes.	Petites.	Total.	DIFFÉRENCE en + ou en — avec parcelle témoin.
	fr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Témoin fumier seul	»	1 300	9 050	1 850	12 200	»
Superphosphate 13/15. Seul, 600 kilogr.	47,4	1 200	8 550	5 450	15 200	+ 3 000
Superphosphate 13/15. Sulfate de potasse, 200 kilogr.	101,7	550	9 800	4 250	14 600	+ 2 400
Superphosphate 13/15. Sulfate de KO, 200 kil. + sulfate d'AzHO⁴, 200 kilogr. .	165,7	1 800	13 950	5 150	20 900	+ 8 700
Superphosphate 13/15. Carbonate de potasse, 200 kil.	145,0	2 500	10 800	2 850	16 150	+ 3 950
Sulfate de potasse seul, 200 kilogr. .	54,0	1 450	10 950	2 750	15 150	+ 2 950
Carbonate de potasse seul, 100 kilogr.	49,0	1 550	10 400	2 500	14 450	+ 2 250
Scories phosphoreuses. Seules, 1 000 kilogr.	42,5	1 300	11 550	3 250	16 100	+ 4 900
Scories phosphoreuses. + Sulfate de potasse, 200 kil.	69,05	1 200	11 650	2 900	15 750	+ 3 350
Scories phosphoreuses. + Sulfate de KO, 200 k. + sulfate d'AzHO⁴, 200 kilogr. .	133,65	2 800	13 750	3 100	19 650	+ 7 450
Scories phosphoreuses. + Sulfate de potasse, 200 k. + viande moulue, 200 kil.	109,0	4 200	13 300	2 550	20 050	+ 7 850
Scories phosphoreuses. + Carbonate de potasse, 100 kilogr.	49,0	2 800	12 700	3 000	18 500	+ 6 300

Année 1895. Expérience faite sur le même sol et après pâture. (5ᵉ *Essai*.)

DÉSIGNATION DES FUMURES.	PRIX	Grosses.	Moyennes.	Petites.	Total.	DIFFÉRENCE
Témoin fumier seul	»	»	»	»	17 700	»
Phosphate de l'Auxois, 800 kilogr. .	58,0	»	»	»	17 700	»
Superphosphate seul, 600 kilogr. . .	47,4	»	»	»	20 600	+ 2 900
Superphosphate + nitrate de soude, 200 kilogr.	72,4	»	»	»	26 800	+ 9 100
Scories de déphosphor. seule, 1 000 k.	42,5	»	»	»	20 300	+ 2 600
Scories de déphosphoration + 200 k. de nitrate de soude	92,5	»	»	»	24 400	+ 6 700
Phosphate précipité, 300 kilogr. . .	69,0	»	»	»	24 100	+ 6 400
Phosphate + nitrate de soude, 200 k.	119,0	»	»	»	23 600	+ 5 900
Phosphate + sulfate d'ammon., 200 k.	131,0	»	»	»	24 100	+ 6 400
Phosphate + sulfate de potasse, 200 kilogr.	122,0	»	»	»	23 300	+ 5 600
Nitrate enfoui par labour, 400 kilogr.	100,0	»	»	»	22 400	+ 4 700
Id. id. 300 kilogr.	75,0	»	»	»	20 700	+ 3 000
Id. id. 200 kilogr.	50,0	»	»	»	19 800	+ 2 100
Sulfate d'ammoniaque, 200 kilogr. .	62,0	»	»	»	16 400	— 1 300

Observations. — D'après les chiffres contenus dans ce tableau, on constate que le superphosphate et les scories, loin d'avoir été utiles, ont occasionné une diminution dans le rendement. Ce fait en apparence peu vraisemblable est dû à un accident, à une maladie. Dans cette expérience dont je ne puis donner la totalité des résultats par suite d'une méprise du cultivateur, j'ai constaté que l'acide phosphorique dès le début de la végétation se manifestait très nettement par une vigueur exceptionnelle des fanes et la largeur des feuilles ; en somme, tout l'appareil foliaire en avance de développement sur les parcelles témoins se dessinait sur le reste par son état plantureux. Il n'était donc pas permis de prévoir une diminution de rendement vis-à-vis des témoins. Mais en fin juillet, commencement d'août, dans ces parcelles précoces des taches noires apparurent sur les feuilles et sur la tige.

Le limbe des feuilles s'épaississait, devenait cassant, jaunâtre, les bords se recoquevillaient et au bout de quelques jours les feuilles noires séchaient sur pied, de même que les fanes. Au 15 août[1], sur ces parcelles qui n'avaient rien que des phosphates, il n'y avait plus de feuilles.

Les tableaux IX et X résument les résultats obtenus en 1894-1895 sur sols analogues. L'examen des chiffres de ces 5 expériences ne fait pas ressortir aussi nettement que pour les autres plantes l'influence des engrais minéraux. De cet ensemble de résultats essayons cependant de tirer quelque enseignement :

1° Les engrais phosphatés ont-ils été utiles ? Les tableaux VIII, IX et X ne permettent pas de conclure en ce sens d'une manière générale.

Ainsi on constate que le superphosphate a donné, pour une dépense de 47 fr. 40 :

N° 1. Diminution.	N° 2. Augmentation.	N° 3. Diminution.	N° 4. Augmentation.	N° 5. Augmentation.
kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
3 050	5 800	450	3 000	2 900

1. N'est-ce pas à l'absence de potasse et d'azote que doit être attribué ce résultat ? De nouvelles expériences seraient nécessaires pour fournir une explication de ces faits. La maladie de la pomme de terre aurait dû être prévenue par le sulfatage.
(*Note de la Rédaction.*)



Les scories de déphosphoration, pour une dépense de 42 fr. 50 :

N° 1. Diminution.	N° 2. Diminution.	N° 3. Augmentation.	N° 4. Augmentation.	N° 5. Augmentation.
kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
3 095	2 150	1 900	4 900	2 600

Le phosphate précipité a donné, pour une dépense de 70 fr. :

N° 1.	N° 2. Augmentation.	N° 3. Augmentation.	N° 4.	N° 5. Augmentation.
kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
»	2 300	1 000	»	6 400

Le phosphate de l'Auxois n'a donné aucun résultat.

2° Au point de vue économique, l'efficacité de ces engrais ne me paraissant pas assurée dans nos terrains, j'estime que les écarts de plus-value n'en justifient l'emploi direct que dans certains cas. L'expérience montre que *les sols bas à sous-sols imperméables bénéficient seuls, avec certitude,* des phosphates dans la culture de la pomme de terre. Il y a en outre lieu de remarquer que les scories se sont montrées très inférieures au superphosphate et au phosphate précipité. Ce dernier surtout me paraît préférable parce que dans nos essais où il était employé à côté du superphosphate, nous n'avons pas remarqué comme chez celui-ci le développement de la frisolée, cette maladie qui dessèche les feuilles et les fanes en pleine période d'activité.

Enfin, il est aisé de voir que l'emploi des engrais phosphatés ne provoque pas une augmentation dans le rendement brut rappelant celles que nous avons constatées pour les céréales d'automne et pour les plantes racines. Ainsi dans nos essais le superphosphate a donné :

1° Une augmentation de 5 800 kilogr. sur le terrain ayant un produit de 11 300 kilogr., soit excédent de 52 p. 100 ;

2° Une augmentation de 3 000 kilogr. sur le terrain ayant un produit de 12 200 kilogr., soit excédent de 26 p. 100 ;

3° Une augmentation de 2 900 kilogr. sur le terrain ayant un produit de 17 700 kilogr., soit excédent de 16 p. 100.

Le phosphate précipité a donné au maximum un excédent de

36 p. 100, tandis que les scories ont donné des excédents de 14, 21 et 40 p. 100 avec complets insuccès dans les autres cas.

Quant aux engrais azotés et potassiques, on remarque qu'ils ont régulièrement augmenté le rendement brut, seuls ou associés aux engrais phosphatés. Malheureusement, ces engrais élèvent démesurément le prix de la fumure minérale en considération de la plus-value qu'on en obtient.

Les engrais azotés seraient peut-être utilement et avantageusement employés. Je dis peut-être, car dans la Puisaye, où la pomme de terre est cultivée après défrichement de vieille pâture temporaire, c'est-à-dire sur sol bien pourvu de matières organiques, elle peut y trouver, en beaucoup de circonstances, avec la fumure ordinaire, une quantité d'azote suffisante.

C'est le cas des défrichements faits avant l'hiver.

Enfin j'ai constaté que le choix des semenceaux, les labours profonds et l'emploi de variétés appropriées sont capables d'élever les rendements de la pomme de terre dans une mesure plus considérable que les engrais minéraux et avec beaucoup moins de frais.

Il semble qu'on est autorisé à dire que, dans notre assolement de la Puisaye, l'avoine et la pomme de terre sont de médiocres utilisatrices de fumures minérales directes et en particulier de l'acide phosphorique.

Haricots.

Les haricots cultivés en plein champ dans la sole de jachère sont extrêmement sensibles à l'apport supplémentaire d'acide phosphorique.

En 1896, nous avions sur des parcelles d'un are mis en comparaison les superphosphates, scories, phosphate précipité et sels potassiques.

L'effet des engrais phosphatés était des plus saisissants : les touffes de couleur vert tendre tranchaient sur les touffes chétives des parcelles témoins ou des parcelles à engrais potassiques. Cette exubérance des végétations dissimulait la belle récolte très supérieure à celles des parcelles voisines. Les cosses plus abondantes et beaucoup

plus longues nous permettaient d'espérer un rendement doublant au minimum celui des témoins. Les circonstances n'ont pas permis de contrôler par les pesées de la récolte les remarquables effets constatés pendant la végétation. Nous pouvons dire que, sur cette plante à cycle végétatif si court, le phosphate précipité et le superphosphate ont été de beaucoup supérieurs aux scories. Enfin, du début de la végétation jusqu'à la récolte, il n'a pas été donné de soupçonner une action quelconque de la fumure potassique. C'est là une preuve nouvelle que l'apport d'élément fertilisant est inutile dans notre région des sables de la Puisaye.

Prairies artificielles.

La luzerne n'est cultivée que sur les marnes ostréennes et sur le calcaire à spatongues. Sa durée de bonne production ne va pas au delà de 4 à 5 ans. C'est sur une jeune luzernière de 2 ans établie à la lisière du portlandien et des marnes ostréennes que nous avons fait l'expérience suivante (ancienne ferme-école de l'Orme-du-Pont).

Elle avait pour but : 1° de rechercher si l'apport d'acide phosphorique et de potasse ne serait pas avantageusement employé et à quelle source ces matières fertilisantes devraient être empruntées.

Enfin je voulais subsidiairement montrer aux cultivateurs l'inefficacité des sels azotés, sulfate d'ammoniaque et nitrate de soude qu'ils étaient tentés de considérer comme des engrais d'application universelle.

Les carrés d'un are étaient entourés d'une bordure de 2 mètres servant de témoin. Pendant la végétation, on pouvait ainsi voir très aisément l'influence des engrais ; cette bordure a formé en effet dans la suite un encadrement vert-jaunâtre autour de nos parcelles à végétation luxuriante et d'un vert foncé et très touffues.

Luzerne sur sol argileux pierreux des marnes ostréennes.

L'expérience comportait 18 parcelles de 1 are disposées en trois rangées ; chaque rangée était séparée de la suivante par une bande

de 4 mètres. Les carrés séparés entre eux par une bande latérale de 2 mètres de large. L'emplacement a été choisi de manière à ce que toutes nos parcelles aient un plant d'une densité égale ; condition indispensable si l'on veut se rendre compte par la pesée du fourrage de l'effet produit par la fumure.

Les engrais ont été répandus à la volée au 15 mars 1894.

Sur la première coupe, l'effet a naturellement été nul : les racines de la luzerne de deux ans sont déjà descendues profondément et comme nous n'avons pu obtenir qu'un bon hersage enterrât nos engrais, ceux-ci ne se sont révélés sur la végétation qu'à partir de fin juillet-août. La seconde coupe ayant été pâturée, nous ne pouvons rapporter que la physionomie de la végétation. Elle était d'ailleurs très démonstrative.

Sur le fond jaunâtre de la pièce, le superphosphate, le phosphate précipité et les sels potassiques se révélaient en dessinant une mosaïque très nette par la vigueur, la couleur foncée du plus parfait contraste avec les environs.

Comme il avait été prévu, les parcelles à nitrate et à sulfate d'ammoniaque, de même qu'à phosphate fossile ne présentaient aucune différence avec leurs voisines.

A priori, on pouvait estimer que la supériorité appartenant au superphosphate, et des deux engrais potassiques, le sulfate de potasse à faible dose donnait de meilleurs résultats que le chlorure de potassium à dose ordinaire : 200 kilogr. Enfin, ajoutés au superphosphate, les sels de potasse ont encore augmenté le rendement. Fait à noter, le bétail fréquentait plus spécialement nos carrés d'essais, c'est apparemment qu'il y rencontrait un fourrage meilleur. L'analyse botanique montrait, en effet, que dans nos parcelles la végétation spontanée avait été étouffée par la luzerne, qui composait ainsi à elle seule tout le fourrage.

L'année suivante, 1895, nous avons observé les mêmes effets d'une manière plus accusée encore, et le fauchage nous a donné les résultats suivants (le foin a été pesé un jour après fauchage, lorsqu'il était bien ressuyé).

Les chiffres contenus dans ce tableau permettent d'apprécier la valeur relative des engrais apportés l'année précédente ; leur action,

visible à l'automne 1894, s'est prolongée pendant toute la durée de la luzernière et à peu près dans le même rapport.

DÉSIGNATION DES FUMURES.	PRIX de la fumure minérale.	RENDEMENT brut à l'hectare	EXCÉDENT sur les témoins.	AUGMENTATION centésimale du rendement.
	fr.	kilogr.	kilogr.	P. 100.
Témoin	»	5 000	»	»
Superphosphate minéral seul, 400 kilogr.	31,6	9 500	4 500	90
Id. + sulfate de potasse, 150 kilogr.	71,1	11 400	6 400	128
Id. + chlorure de potassium, 150 k.	69,10	10 700	5 700	114
Phosphate précipité, 150 kilogr.	36,6	8 200	3 200	64
Id. + sulfate de potasse, 150 kilogr. . .	77,10	10 500	5 500	11
Id. + chlorure de potassium, 150 kilogr.	74,10	9 800	4 800	96
Phosphate de l'Auxois, 500 kilogr.	35,75	5 200	200	4
Id. + sulfate de potasse, 150 kilogr. . .	76,25	7 700	2 700	54
Id. + chlorure de potassium, 150 kilogr.	72,25	6 000	1 000	20
Sulfate de potasse seul, 150 kilogr	40,50	12 100	7 100	142
Chlorure de potassium seul, 150 kilogr.	37,50	11 200	6 200	124
Sulfate de potasse seul, 200 kilogr.	54,0	13 200	8 200	164
Chlorure de potassium seul, 200 kilogr.	50,0	13 000	8 000	160
Sulfate d'ammoniaque, 170 kilogr.	52,70	7 500	2 500	50
Nitrate de soude, 200 kilogr.	50,0	7 700	2 700	54

Superphosphate minéral 13/15.	7f,90	Phosphate précipité.	28f,40
Id. d'os 16/18. . .	11 ,40	Sulfate de potasse.	27 ,00
Chlorure de potassium	25 ,00	Nitrate de soude	25 ,00
Phosphate de l'Auxois	7 ,15	Sulfate d'ammoniaque.	31 ,00

On voit notamment que l'emploi d'une fumure minérale phosphatée et potassique exerce sur les prairies artificielles de ces sortes de terrains l'action la plus heureuse, non seulement sur la quantité, mais aussi sur la qualité.

Les engrais azotés, à considérer les chiffres du tableau, ont augmenté aussi le rendement ; cela tient à ce qu'ils ont favorisé le développement des plantes adventices ; de grossières composées ont envahi ces carrés d'expériences où il n'y avait plus que quelques rares brins de luzerne.

Ce qu'il importe de retenir, c'est que les fumures phosphatée et potassique permettent de doubler la production de ce précieux

fourrage et de prolonger la durée des prairies artificielles en retardant l'envahissement des plantes adventices qui sont les principaux ennemis de la luzerne.

Le mode d'application qui nous a été imposé par les circonstances n'est pas à conseiller. En répandant ces engrais au moment de la semaille de la céréale de printemps qui précède, on sera assuré que, dès le commencement, la prairie artificielle prendra régulièrement possession du sol à l'exclusion de toute végétation adventice, et les engrais produiront leur maximum d'effet.

Il nous reste à examiner l'influence des engrais sur les prairies naturelles.

Prairies naturelles.

Beaucoup sont établies dans les parties basses, particulièrement humides des assises énumérées plus haut. Toutes celles appartenant à la série sableuse sont pauvres en légumineuses, les houlgues dans les parties fraîches, la flouve odorante sur les parties élevées dominent dans le fourrage, tandis qu'au contraire, sur les marnes ostréennes, ce sont les légumineuses qui forment un tapis épais et court ; on y rencontre quelques rares graminées, conche, crételle pour la plupart de qualité secondaire. Enfin, sur les bords des petits ruisseaux qui coulent lentement au fond de nos petites vallées, les prairies sont acides, tourbeuses, ne donnent que de maigres pâtures et ne sont fauchées qu'en vue de se procurer de la litière. D'après ce que nous avons vu précédemment, il n'est pas permis de douter de l'heureuse influence des engrais phosphatés sur la plupart de ces prairies.

Dans les prairies sableuses, fraîches ou humides, les scories transforment, en moins de deux ans, la qualité du foin. Les légumineuses, trèfle des prés, lotier, etc., apparaissent spontanément où, de longue date, les carex et les joncs, les renoncules et le populage composaient à eux seuls la misérable végétation de ces lieux bas. Ce changement profond dans la flore est si frappant que, à la suite de nos essais, beaucoup de petits propriétaires n'hésitent pas à répandre des scories sur leurs prairies.

Si nous pouvions rapporter les expériences que nous avons insti-

tuées sur une douzaine de points, nous montrerions, en outre, que non seulement la qualité du foin a été singulièrement modifiée, mais qu'encore la production s'en est vivement ressentie. Ces prairies phosphatées sont garnies à la base d'un fourrage épais que la faux coupe beaucoup plus aisément qu'autrefois, où elle glissait sur les agrostis, ces plantes basses, envahissantes et d'assez médiocre valeur nutritive.

Il ne nous a pas été possible de réunir autant de chiffres que nous l'aurions voulu pour indiquer la plus-value dans le rendement obtenue avec les engrais phosphatés. De plus, il eût été intéressant de suivre chaque année l'action persistante de ces engrais, afin d'en établir la durée ; malheureusement et à regret, nous avons dû nous contenter d'en juger par l'aspect. Je puis dire tout de suite que ces expériences, faites en 1895, produisent aujourd'hui leur plein effet.

Les résultats ci-dessous se rapportent à la récolte 1895 et montrent l'influence exercée sur la première coupe, l'épandage ayant été fait au commencement de mars de la même année.

Influence des engrais minéraux sur la première coupe qui a succédé à l'application printanière de ces engrais en 1895.

Prairie argileuse des marnes ostréennes.

État de la prairie avant l'expérience : sèche et haute ; la flore est surtout composée de trèfle rouge, filiforme, peu de graminées, bon foin peu abondant, très bon comme pâture ; seule, la première coupe est fauchée, suivant l'usage du pays. Fauchaison le 1er juillet 1895. Pesée à l'état sec, le 3 juillet, la récolte nous a donné les résultats suivants :

	FOIN SEC à l'hectare.
Témoin	1 650 kilogr.
Scories de déphosphoration, 1 000 kilogr. 16/.	2 800 —
Phosphate précipité, 300 kilogr.	3 200 —
Superphosphate seul, 600 kilogr	3 000 —
— seul, 1 200 kilogr.	4 200 —
— 600 + 300 kilogr., chlorure de potassium.	3 100 —
— 600 + nitrate de soude, 200 kilogr.	4 500 —
Nitrate de soude seul, 200 kilogr	2 300 —
Chlorure de potassium, 300 kilogr.	1 850 —

Ainsi, après quatre mois d'application, les engrais phosphatés sur cette prairie élevée en doublaient le rendement.

Deuxième expérience. — Prairie basse silicéo-argileuse, sous-sol perméable du portlandien.

Prairie fraîche, flore graminée domine, inondée pendant l'hiver. A la première coupe on a obtenu :

		FOIN SEC à l'hectare.
Témoin		4 000 kilogr.
Superphosphate 13/15	600 kilogr.	6 500 —
	800 —	6 500 —
	400 —	6 000 —
Phosphate précité, 150 kilogr.		6 000 —
Superphosphate, 600 + 200 kilogr. nitrate		8 200 —
Nitrate seul, 200 kilogr		5 700 —

Dans les prairies établies sur les sables gréseux, ferrugineux ou argilo-siliceux, les effets sont analogues, l'amélioration de la flore est encore plus marquée, parce qu'ici les essais que nous rapportons ont été faits en sols mieux pourvus de calcaire et d'acide phosphorique.

Quant à la forme phosphorique la plus avantageuse, le premier essai nous indique que les scories, tout en ayant une action presque aussi rapide que les superphosphates, sont préférables à tous les autres phosphates. Pour une même dépense, on obtient un phosphatage plus énergique, à action prolongée et partant plus productif.

Après avoir ainsi promené notre champ d'expériences à travers les cultures de la Puisaye, afin d'interroger les sols de cette région d'après une méthode uniforme, on peut conclure que le *phosphatage* des sols de la Puisaye est la *première amélioration* à introduire dans la méthode de fertilisation des terres. Nous terminons cette étude en montrant l'influence persistante des fumures phosphatées dans la rotation.

Durée d'action des phosphates dans l'assolement.

Si l'action directe des phosphates appliqués aux plantes annuelles est utile à connaître, il n'est pas moins important de savoir si leur

heureuse influence se prolonge sur les cultures qui se succèdent dans la rotation. La mesure de cette influence permet alors de résoudre la question économique du choix de l'engrais phosphaté le plus avantageux ; en outre, elle indique quelle part des frais de fumures on peut imputer à toutes les cultures de l'assolement.

Ces recherches sont donc du plus haut intérêt. Nous sommes heureux d'avoir pu récemment recueillir, sur ce sujet, quelques données intéressantes.

Dans la région, on a adopté, depuis longtemps déjà, l'assolement suivant :

1re année. Jachère nue ; plantes sarclées ; betteraves, rutabagas, pommes de terre.

2e année. Céréales d'automne.

3e année. Céréales de printemps.

4e année. Prairie temporaire : trèfle-ray-grass ; fléole, anthyllide.

L'expérience que nous allons rapporter nous permet d'apprécier l'influence des engrais appliqués au blé sur la prairie temporaire qui succède deux ans après et qui termine la rotation.

Les engrais appliqués le 15 octobre 1894, avant le dernier labour, ont été enterrés à la charrue. Le sol silicéo-argileux *des sables de la Puisaye* est identique à celui de nos essais nos 4 et 5 sur pommes de terre.

Les résultats obtenus sur le blé ont été identiques à ceux de la même année rapportés dans notre première expérience du Thureau. Ils se résument ainsi : les fumures au superphosphate 13/15, 600 kilogr. ou 1 000 kilogr. de scories ont produit le même excédent. La potasse seule ou associée aux engrais précédents n'a produit aucun résultat. Notre expérience nous permet donc, en outre, de voir si dans la suite ces engrais potassiques ont quelque efficacité sur les légumineuses de la prairie temporaire.

La prairie temporaire trèfle-ray-grass, semée l'an dernier dans l'avoine succédant au blé récolté en 1895, nous a offert un exemple saisissant de l'influence persistante des fumures phosphatées.

L'étendue de la pièce nous avait permis de laisser entre chaque planche traitée aux engrais minéraux une planche témoin. Nous

avons donc pu aisément comparer la différence de composition du fourrage avec les lots témoins qui entouraient sur quatre côtés nos lots d'expérience.

Le ray-grass d'Italie, dominant dans les lots témoins, formait presque à lui seul la totalité du foin. Ce fourrage rare et dur encadrait les andains épais des parcelles à scories où le trèfle, la minette s'élevaient haut entre les tiges de ray-grass formant ainsi une garniture épaisse et touffue. On eût dit, et beaucoup l'ont cru, que cet effet saisissant était dû à l'application directe des engrais sur la prairie temporaire. Il n'en était rien : depuis leur application, ces engrais avaient été remués par deux labours, deux hersages et cependant la végétation indiquait avec la plus parfaite régularité la ligne de démarcation de toutes les planches. Il n'y avait pas la plus légère confusion.

Cette prairie temporaire fauchée à la première coupe donnera un pâturage qui durera ensuite un an ou deux.

La fauchaison faite le 13 juin dernier nous a permis de recueillir les chiffres suivants, rendement constaté : 1° *en vert* (c'est-à-dire pesé derrière le faucheur qui travaillait depuis la chute de la rosée jusqu'à 5 heures du soir) ; 2° *en sec*.

L'examen des chiffres de ce tableau nous permet de constater l'action persistante de l'acide phosphorique. Deux années après son application à une récolte antérieure qui en a elle-même tiré grand profit, le rendement brut de la prairie temporaire a été augmenté dans la proportion de 37 p. 100 à 200 p. 100. La récolte a été doublée à la première coupe, le pâturage qui suivra en bénéficiera encore, mais ce que les chiffres ne peuvent indiquer, c'est l'amélioration considérable de la qualité nutritive du fourrage.

L'examen de la végétation de ces prairies temporaires de la Puisaye montre que la flore, au lieu d'être composée exclusivement de trèfle et ray-grass comme dans nos parcelles à scories, est formée, au contraire, de plantes adventices, plantain, reine-marguerite, ombellifères au milieu desquelles les bonnes plantes sont étouffées.

Les rendements en poids ne permettent donc pas de juger complètement de l'importance des engrais phosphatés sur la production des prairies temporaires.

TABLEAU XI. — Effets prolongés des engrais phosphatés appliqués au blé en 1894. Résultats obtenus sur la prairie temporaire de 1897.

DÉSIGNATION DES FUMURES APPLIQUÉES AU BLÉ DE 1894.	PRIX de la fumure minérale de 1894.	RENDEMENT		EXCÉDENT total sur les témoins. Fourrage sec.	AUGMENTATION centésimale des produits.
		En vert à l'hectare	En sec à l'hectare		
	fr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	P. 100.
Témoin.	»	2 700	1 165	»	»
Superphosphate seul, 500 kilogr. . . .	37	4 300	1 600	435	37
Id. 600 kilogr. . . .	45	4 950	1 660	495	42
Id. 800 kilogr. . . .	»	6 300	2 490	1 325	113
Superphosphate, 600 kilogr. + sulfate d'ammoniaque, 200 kilogr. (automne).	105	4 950	1 660	495	42
Superphosphate, 600 kilogr. + nitrate de soude au printemps, 200 kilogr. . . .	95	4 950	1 660	495	42
Superphosphate, 600 kilogr. + sulfate d'ammoniaque au printemps, 200 kil.	105	4 950	1 660	495	42
Superphosphate, 600 kilogr. + sulfate de potasse, 200 kilogr.	97	5 680	1 800	635	54
Superphosphate, 600 kilogr. + chlorure de potassium, 200 kilogr.	93	5 680	1 800	635	54
Scories, 800 kilogr. 16/18 Longwy . . .	40	7 650	3 360	2 195	187
1 000 kilogr.	50	8 150	3 580	2 415	207
1 200 kilogr.	60	8 750	3 740	2 575	221
1 000 kilogr. + sulfate de potasse, 200 kilogr.	102	8 400	3 690	2 525	225
1 000 kilogr. + chlorure de potassium, 200 kilogr.	98	8 270	3 630	2 465	211
1 000 kilogr. + nitrate de soude au printemps 1895, 200 kilogr.	100	8 150	3 580	2 415	207
1 000 kilogr. + sulfate d'ammoniaque, 200 kilogr.	110	8 150	3 580	2 415	207
1 000 kilogr. + sulfate d'ammoniaque, 200 k. + 200 kil. sulfate de potasse.	162	9 750	4 290	3 125	275
Sulfate de potasse, 200 kilogr.	52	2 700	1 050	Les légères variations ne dépassent pas celles qui sont indépendantes des fumures minérales.	
Chlorure de potassium, 200 kilogr. . .	48	2 900	1 120		
Nitrate de soude seul, 200 kilogr. (printemps 1895).	25	3 000	1 250		
Sulfate d'ammoniaque seul	31	3 100	1 275		

De cette expérience il résulte :

Que si le superphosphate était équivalent aux scories sur la ré-récolte de blé, il est ici, très inférieur ; son influence se traduit par une augmentation de 40 à 45 p. 100, tandis qu'une fumure d'un prix à peu près égal donnée sous la forme de scories a plus que doublé le rendement de la prairie temporaire.

Avec le superphosphate à la dose de 600 kilogr. on a apporté $13 \times 6 = 78$ kilogr. d'acide phosphorique ;

Avec les scories à la dose de 1 000 kilogr. on a apporté $16 \times 10 = 160$ kilogr. d'acide phosphorique.

Pour une somme déterminée, environ 50 fr. par hectare, les scories apportent plus du double d'acide phosphorique, dont l'action se fait sentir naturellement pendant plus longtemps sur les récoltes qui se succèdent dans la rotation.

Constatons en passant que les sels potassiques n'ont aucune action sérieuse sur ces terres ; qu'enfin les engrais azotés solubles, comme tout le monde sait, n'exercent aucune espèce d'action sur les récoltes qui suivent celles où on les applique.

Ainsi donc, de l'ensemble de nos expériences faites chez les cultivateurs dans les conditions identiques à celles de leurs cultures, sauf la fumure, on peut conclure en toute confiance :

1° Que l'emploi des engrais complémentaires pourrait se borner à l'apport d'un seul élément, l'acide phosphorique. A cette fumure de fond, pour les céréales, les betteraves, on pourra avec avantage associer le nitrate de soude, ou le sulfate d'ammoniaque en sols humides ; ils seront employés pendant la végétation, mais toujours enterrés soit à la herse, soit à la houe.

2° Ces expériences confirment nos conclusions formulées en 1894 dans les *Annales agronomiques,* à savoir : exception faite des marnes ostréennes et du calcaire à spatongues, l'inutilité complète de la potasse pour les céréales, les légumineuses. Pour les pommes de terre elle paraît agir, mais au prix actuel, les engrais potassiques ne paraissent pas être d'un emploi général avantageux.

3° En ce qui concerne le sulfate d'ammoniaque, nous avons reconnu, dans nos expériences faites depuis 1894, que son action est sensiblement égale à celle du nitrate de soude dans les sols *argilo-*

siliceux frais des argiles de Myennes, des argiles bariolées et des argiles à plicatules, voire même bien bas des sables de la Puisaye. Au prix actuel, cet engrais apportant au sol, pour une dépense déterminée, une somme d'azote supérieure à celle du nitrate de soude, il sera avantageusement substitué à ce dernier dans ces cas spéciaux.

4° On pourra s'en tenir pour la fumure phosphatée aux superphosphates et aux scories.

Les premiers seront employés dans la culture des plantes à végétation rapide et à système radiculaire peu étendu : betteraves et choux-navets repiqués en juin, vesces de printemps, haricots-chanvre : doses convenables, 400 à 600 kilogr. par hectare.

Les scories à dosage garanti et riches seront employées en tout autre cas aux doses de 800 à 1 000 kilogr. à l'hectare.

Nous ne pouvons terminer cet exposé sans insister sur les conséquences évidentes de l'emploi régulier des engrais phosphatés dans le système de culture de la Puisaye. Elles sont considérables ; on peut les résumer ainsi :

Une dépense de 40 à 50 fr. par hectare se traduit, à la récolte, par une augmentation directe de :

	PAILLE.	GRAIN.
	p. 100	p. 100
Blé	35 à 40	115
Plantes sarclées, racines	plus de 200 p. 100	

et indirectement, sur les prairies temporaires, une augmentation d'environ 200 p. 100.

L'apport de l'acide phosphorique aura, en outre, pour effet, de mettre à profit toutes les facultés productives du sol, et au lieu des récoltes si irrégulières d'une année à l'autre que nous constatons, j'estime qu'on peut arriver à régulariser beaucoup les rendements. Cette régularité, abstraction faite de l'influence prépondérante des saisons, est évidemment due aux proportions convenables d'azote, d'acide phosphorique, potasse et chaux disponibles, Or, l'un d'eux, l'acide phosphorique, dans ce pays où le sol est originairement pauvre en cet élément, fait défaut à toutes les plantes ; celles-ci languissent

de cette pénurie, et c'est seulement par hasard que l'on obtient par des fumures ordinaires cet état d'équilibre que révèle si bien la végétation vigoureuse, le développement harmonique de toutes les parties de la plante.

Dans un pays d'élevage comme celui-ci, où les animaux pâturent dans les prairies temporaires et les prairies naturelles de juillet jusqu'en hiver, n'est-il pas permis d'espérer obtenir les plus heureux résultats du phosphatage du sol dans l'amélioration du bétail ?

Nos cultivateurs ne me paraisseut pas assez comprendre la relation étroite du sol et du bétail. Le rôle de l'acide phosphorique dans le développement précoce de nos animaux est pourtant si bien reconnu par nos éleveurs, que bon nombre cherchent à l'introduire sous la forme minérale dans la ration des jeunes animaux. D'excellentes raisons physiologiques démontrent que la seule manière de le faire pénétrer sûrement et efficacement dans l'organisme, c'est de l'introduire par les fourrages. Phosphater ses terres et ses prairies, c'est donc phosphater son bétail ; c'est hâter son évolution et sa croissance, c'est l'améliorer beaucoup plus sûrement que par les croisements avec les races précoces, ou par l'introduction de celles-ci dans ce milieu impropre par lui-même à suffire à leurs besoins.

Les cultivateurs ne doivent donc pas considérer seulement l'effet direct des engrais phosphatés sur les cultures ; qu'ils se rappellent que l'emploi de l'acide phosphorique sur le blé assure non seulement les rendements rénumérateurs de cette culture, mais aussi et surtout, loin d'épuiser leurs terres, leur fait produire, dans la suite, le double que par la méthode ordinaire, en foin beaucoup plus nutritif et plus riche en acide phosphorique.

Voilà ce qu'il était bon de montrer aux cultivateurs de notre région.

En faisant en quelque sorte voyager notre champ d'expériences sur leurs propres exploitations, j'espère les avoir convaincus que les engrais phosphatés, en élevant à la fois la production céréale et fourragère et agissant d'une façon persistante pendant toute la durée de la rotation, ne sauraient ruiner leurs terres.

L'usage rationnel de ces engrais permettra d'améliorer et d'éle-

ver la dénsité du bétail, et en dernière analyse augmentera la masse de fumier et partant la richesse du sol en humus.

C'est assez dire ce que vaut ce ridicule préjugé qui règne encore trop dans nos campagnes : « Tout ce qui n'est pas fumier ruine la terre ».

Saint-Sauveur, 24 juin 1897.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

L'ASSIMILATION DE L'AZOTE AMMONIACAL

ET DE L'AZOTE NITRIQUE

PAR LES PLANTES SUPÉRIEURES[1]

Par M. LAURENT

DU LABORATOIRE DE BOTANIQUE DE L'INSTITUT AGRICOLE DE L'ÉTAT, A GEMBLOUX.

Seuls parmi les organismes, les végétaux sont capables de faire la synthèse, non seulement des matières hydrocarbonées, mais encore celle des substances albuminoïdes. Ils utilisent l'azote libre, l'acide nitrique, l'ammoniaque et les combinaisons azotées organiques.

Chez les légumineuses, l'assimilation de l'azote libre est l'œuvre de microbes spéciaux qui vivent dans les nodosités radicales ; bien qu'elle ait lieu à l'obscurité, elle dépend indirectement de la lumière ; en effet, pendant ce travail de synthèse, il y a disparition d'importantes réserves d'amidon provenant de l'assimilation foliaire[2].

Le *Clostridium Pasteurianum,* de Winogradsky, consomme, pendant qu'il fixe l'azote, de grandes quantités de sucre[3].

---

1. *Bulletin de l'Académie royale de Belgique,* 3e série, t. XXXII, n° 12, p. 815-865, 1896.

2. Émile Laurent, Recherches sur les nodosités radicales des Légumineuses. (*Annales de l'Institut Pasteur,* t. V, 1891.)

3. S. Winogradsky, Recherches sur l'assimilation de l'azote libre de l'atmosphère par les microbes. (*Archives des sciences biologiques,* t. III, n° 4, 1895.)



Quant aux algues, telles que les Nostoccacées, qui, seules ou en symbiose avec des bactéries, assimilent l'azote libre, elles ne se développent qu'à la lumière.

Ces divers micro-organismes empruntent sans aucun doute l'énergie nécessaire à la synthèse des matières albuminoïdes, soit directement, soit indirectement, à la radiation solaire ; à défaut de chlorophylle, ils utilisent une substance hydrocarbonée appropriée.

En est-il de même pour la synthèse des substances albuminoïdes à l'aide des nitrates et des sels ammoniacaux ? Ces combinaisons azotées peuvent-elles pénétrer dans la matière vivante sans l'intervention de l'action solaire ?

Pour les organismes inférieurs privés de chlorophylle, la question est résolue depuis longtemps déjà.

Pasteur a fait croître, à l'obscurité, la levure de bière dans un milieu minéral additionné de sucre et d'un sel ammoniacal [1]. D'autres, après lui, ont cultivé de même des bactéries et des moisissures dans des mélanges salins renfermant un nitrate ou un sel ammoniacal [2].

Assurément, pour les organismes ainsi cultivés comme pour le *Clostridium Pasteurianum*, il faut qu'une certaine quantité de sucre soit brûlée pour fournir l'énergie nécessaire à la synthèse des matières albuminoïdes. Néanmoins, on peut affirmer que chez les plantes inférieures l'assimilation de l'azote ne dépend ni de la chlorophylle ni de la lumière (directe), qu'il s'agisse de l'azote des combinaisons minérales, ou, à plus forte raison encore, de l'azote des combinaisons organiques plus ou moins simples.

L'état de nos connaissances est beaucoup moins parfait si l'on envisage, non plus les végétaux cellulaires, mais les plantes supérieures. On sait déjà que leurs capacités de synthèse pour les substances hydrocarbonées sont beaucoup plus limitées que celles des

1. Pasteur, Mémoire sur la fermentation alcoolique. (*Annales de chimie et de physique*, t. LVIII, 1859.)

2. Émile Laurent, Recherches sur la valeur comparée des nitrates et des sels ammoniacaux comme aliment de la Levure et de quelques autres plantes. (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. III, 1889.)

microbes[1]. En serait-il de même pour la production des matières albuminoïdes ?

Les expériences de Th. Schlœsing fils et Ém. Laurent ont démontré que les plantes vasculaires, autres que les légumineuses, qui n'ont pas de nodosités microbiennes, n'assimilent *jamais* l'azote libre[2].

A la suite des travaux de A.-B. Franck, on admet, sans que ce soit absolument démontré par l'expérience, que diverses espèces de plantes pourvues de micorhizes peuvent se nourrir aux dépens non seulement des composés hydrocarbonés de l'humus, mais également de ses combinaisons organiques azotées. Ce mode de nutrition doit être fréquent dans les forêts des régions équatoriales abondamment pourvues d'humus.

Les plantes carnivores ont aussi la propriété d'utiliser les produits azotés de la digestion des petits animaux qu'elles capturent. Enfin, expérimentalement, on a pu alimenter des plantes privées de mycorhizes (maïs) avec des solutions d'asparagine privées de microbes.

Pour ce qui est des nitrates, on a des raisons de supposer que les plantes supérieures ne peuvent les utiliser en l'absence de lumière, mais c'est là une opinion qui a été mise en doute. Quoi qu'il en soit, on ne sait pas non plus si la consommation des nitrates est liée ou non à la présence de la chlorophylle.

Si nous considérons l'assimilation des sels ammoniacaux, les quelques faits relatifs à leur disparition dans les feuilles manquent de netteté : ici encore, on ne peut affirmer, d'une façon formelle, si leur utilisation exige l'intervention de la lumière et de la chlorophylle.

Nous nous sommes proposé d'élucider la question de la production de matière organique azotée aux dépens de l'ammoniaque et de l'acide nitrique.

---

1. Comparer, à ce point de vue, les résultats des essais d'Émile Laurent, Sur la nutrition de la Levure et de la Pomme de terre avec des solutions organiques. (*Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique,* t. XXVI, et *Annales de l'Institut Pasteur,* t. III, 1889.)

2. *Annales de l'Institut Pasteur,* t. VI, pp. 65 et 824, 1892.

Les travaux antérieurs sur la question.

Ce fut Pagnoul qui observa, le premier, que dans les tissus des plantes exposées au soleil, les nitrates disparaissent et sont transformés en combinaisons organiques azotées. Il fut amené à faire cette importante découverte à la suite des inconvénients que présente pour la pureté des jus l'emploi tardif des nitrates dans la culture de la betterave à sucre [1].

Il voulut rechercher si l'accumulation de ces sels dans les racines était due uniquement à cette cause, à une surabondance d'éléments azotés, et ne pouvait être attribuée aux conditions de la végétation et notamment à l'intensité de la lumière.

En analysant à des moments déterminés des betteraves en croissance, cultivées en sol enrichi de nitrates, dans des conditions variables d'éclairement, il put constater que, sous l'influence de la lumière, les nitrates amenés dans les feuilles y disparaissent presque aussitôt; au contraire, ils s'accumulent à l'obscurité et ne subissent pas de modification.

Pagnoul fut ainsi amené à cette conclusion fort importante: « La lumière paraît avoir à remplir, dans la décomposition des nitrates et dans la formation des principes azotés et des corps organiques, un rôle analogue à celui qu'elle joue dans la décomposition de l'acide carbonique pour la formation des corps hydrocarbonés. »

Cette conception nouvelle de la formation des principes azotés des plantes n'a point subi jusqu'ici d'autre contrôle expérimental.

Cependant, plusieurs faits tendent indirectement à prouver que c'est surtout dans les feuilles, sous l'influence des radiations, que s'effectue la formation des matières organiques azotées aux dépens des nitrates. L'absence de ces composés dans les limbes foliaires, alors qu'ils existent plus ou moins abondamment dans les racines,

---

1. Expériences diverses faites à la Station agricole du Pas-de-Calais sur la culture de la Betterave. (*Annales agronomiques*, t. V, p. 481, 1879.) — Champs d'expériences de la Station agricole du Pas-de-Calais. Essais divers. (*Annales agronomiques*, t. VII, p. 5, 1881.) — Influence de la lumière dans les phénomènes de végétation. (*Bulletin de la Station agronomique du Pas-de-Calais*, p. 27, 1890.)



les tiges, les rameaux et les pétioles, a été signalée par B. Frank [1], puis surtout par Schimper [2]. Toutefois, Frank pensait que chez les arbres et certaines espèces pauvres en nitrates, l'assimilation de ces sels peut avoir lieu dans tous les organes traversés par des faisceaux libéroligneux, même déjà dans les racines.

L'accumulation d'asparagine dans les feuilles pendant le jour, démontrée par Frank et Otto [3], peut aussi trouver son explication dans la réduction des nitrates à la lumière.

Quant à l'assimilation de l'ammoniaque, on sait que ce corps peut servir à la production de matières organiques azotées, aussi bien chez les plantes supérieures que chez les micro-organismes.

Cette transformation s'opère directement, sans oxydation de l'ammoniaque. Les recherches de Molisch [4], de Frank [5], de Schulze [6], de Kreusler [7] et les expériences toutes récentes de Pagnoul [8] ne laissent subsister aucun doute à ce sujet. Elles prouvent que, contrairement à l'opinion de Berthelot et André [9], les plantes supérieures ne nitrifient jamais l'ammoniaque.

L'influence de la radiation sur l'assimilation de l'ammoniaque n'a pas encore été précisée. A la fin de son important travail sur l'intervention de l'ammoniaque atmosphérique dans la nutrition végétale,

---

1. Ursprung und Schicksal der Salpetersäure in der Pflanze. (*Ber. d. deutschen bot. Ges.*, t. V, p. 472, 1887.)

2. *Botan. Zeitung*, 1888, n° 5; *Flora*, 1890.

3. Franck et Otto, Untersuchungen über Stickstoffassimilation in der Pflanze. (*Ber. d. deutschen bot. Ges.*, t. IX, 1890.)

4. Molisch, Ueber einige Beziehungen zwischen anorganischen Stickstoffsalzen in der Pflanze. (*Sitzungsber. d. math.-natur. Cl. d. Kais. Akademie Wien*, Bd. XCV, Heft I, p. 221.)

5. Schulze, Bilden sich Nitrate im Organismus höherer Pflanzen? (*Ber. d. deutschen chem. Ges.*, p. 1500, 1887.)

6. *Ber. der deutschen bot. Ges.*, t. V, 1887.

7. Kreusler, Bildet dich im Organismus höherer Pflanze Salpetersäure? (*Ber. d. deutschen chem. Ges.*, p. 999, 1887.)

8. Pagnoul, Assimilabilité de l'azote par les plantes sous les deux formes nitrique et ammoniacale. (*Annales agronomiques*, t. XXII, 1896.)

9. Berthelot et André, Sur la formation du salpêtre chez les végétaux. (*Annales de chimie et de physique*, 6e série, p. 116, 1886.)

Muntz[1] fait remarquer que la lumière favorise l'utilisation des composés ammoniacaux par les plantes ; mais il ne cite pas d'expérience bien concluante à l'appui de cette opinion.

En revanche, les recherches de Kinoshita[2], faites sur des plantes d'orge et de maïs développées à l'obscurité, tendent à prouver que l'assimilation de l'azote ammoniacal ne dépend pas de l'action du soleil ; et il émet la même opinion pour ce qui concerne les nitrates.

Méthodes d'analyse adoptées.

L'azote nitrique a été dosé par le procédé Schlœsing. Un poids de matière séchée à 100° est soumis à l'extraction alcoolique pendant douze heures en présence d'un peu de chaux.

L'extrait évaporé à sec, repris par l'eau, est mis à bouillir dans un ballon, afin d'en chasser l'air ; puis, sans laisser pénétrer celui-ci, on introduit 30 centimètres cubes de chlorure ferreux, 30 centimètres cubes d'acide chlorhydrique, qu'on a purgés d'air par une courte ébullition. Le bioxyde d'azote qui se dégage est reçu dans une cloche à mercure dans laquelle on a placé 20 centimètres cubes d'un lait de chaux destiné à absorber l'acide chlorhydrique qui a passé avec le gaz.

Le bioxyde d'azote est transvasé dans un ballon purgé d'air par l'ébullition de quelques centimètres cubes d'eau. Le gaz est absorbé par le vide qui se produit pendant le refroidissement du ballon. Ce dernier est mis en communication avec le gazomètre à oxygène ; après six heures, tout le bioxyde est transformé en acide nitrique. Il ne reste plus qu'à doser l'acide formé par une solution d'ammoniaque titrée.

Le dosage de l'azote organique et ammoniacal a été fait par le procédé Kjeldalh :

Un gramme environ de la matière séchée à 100°-105° et finement

---

1. Muntz, Recherches sur l'intervention de l'ammoniaque atmosphérique dans la nutrition végétale. (*Annales de la science agronomique française et étrangère*, série 2, t. I, 1896.)

2. Kinoshita, *Bull. College of agriculture*. Tokio, 1895.



pulvérisée est introduit dans un ballon avec 20 centimètres cubes d'acide sulfurique à 66° B. et 0gr,8 de bioxyde de mercure. Le ballon est chauffé jusqu'à ce que le mélange devenu d'abord goudronneux soit complètement décoloré.

Après refroidissement, on ajoute au liquide transvasé dans un grand ballon, 100 centimètres cubes de soude caustique à 30 p. 100, 20 centimètres cubes de sulfure de sodium à 8 p. 100 et 1 gramme de poudre de zinc. Les vapeurs ammoniacales sont reçues dans 100 centimètres cubes d'acide sulfurique titré. L'excès de cet acide est neutralisé par l'ammoniaque titrée en prenant le tournesol pour indicateur.

Le procédé Kjeldahl ainsi appliqué permet de doser l'azote organique (albuminoïdes, amides, asparagine) et ammoniacal. Les nitrates échappent intégralement à l'analyse, grâce à la présence du bioxyde de mercure.

L'azote ammoniacal est obtenu par distillation de la matière sèche pulvérisée, en suspension dans l'eau, en présence de magnésie calcinée. On sait que celle-ci ne décompose que les sels ammoniacaux et laisse intacte la presque totalité des composés organiques azotés des végétaux, si ce n'est toutefois quelques principes amidés instables.

Pour les matières bien homogènes, la limite d'erreur du chef des lectures et des mesurages de solutions titrées peut être évaluée à 0mgr,5 d'azote. D'habitude nous opérions sur le quart ou le sixième de la matière et l'erreur maxima était de 2 ou 3 milligrammes. Le plus souvent, pour le dosage de l'azote organique et ammoniacal, on a fait deux dosages au moins et on a pris la moyenne des résultats. Rarement, ils différaient de plus de 2 milligrammes pour des quantités totales de 200 à 300 milligrammes.

Faute d'avoir tenu compte de l'erreur inévitable dans ce genre d'analyses, on a pu être conduit à des interprétations vicieuses des résultats donnés par des recherches sur l'azote des végétaux.

Expérience I. — Feuilles vertes de betteraves exposées à la lumière sous des écrans absorbants.

Les recherches de Pagnoul ont mis en évidence l'action de la lumière sur l'assimilation des nitrates dans les feuilles vertes. Bien que cet expérimentateur ait opéré avec des plantes cultivées sous une cloche en verre violet, on n'avait aucun renseignement sur l'influence propre aux diverses régions du spectre sur la réduction des nitrates. Car dans les essais de Pagnoul, les plantes sont restées constamment sous la cloche violette, ce qui a dû forcément troubler toute leur nutrition. On ne peut donc tirer aucune conclusion de ce fait que, dans ces conditions, les plantes renfermaient des quantités considérables de nitrates. Comme on va le voir par les résultats de l'expérience I et aussi par ceux de l'expérience IX, ce sont les rayons violets et surtout ultra-violets qui interviennent dans l'assimilation des nitrates.

Le 16 juillet 1895, à 8 heures du matin, des feuilles de betterave à sucre sont cueillies dans un champ. On en fait quatre lots, dont l'un, A, doit servir à doser les nitrates ; il est aussitôt desséché et soumis à l'analyse.

Le lot B est placé sous une cloche à double paroi contenant une couche de 30 millimètres d'eau ; les pétioles des feuilles plongent dans l'eau distillée.

Le lot C est placé sous un écran formé par une solution de bichromate de potassium à saturation, de la même épaisseur que la couche d'eau recouvrant B.

Enfin, la cloche qui se trouve au-dessus du lot D contient une solution de sulfate de cuivre ammoniacal à 2 p. 100.

Les pétioles de feuilles composant les lots C et D plongent aussi dans l'eau distillée.

L'expérience a duré du 16 juillet, à 9 heures du matin, au soir du 22 du même mois, c'est-à-dire pendant sept jours. Durant ce laps de temps, le ciel a été presque toujours couvert et pluvieux, sauf le 17 et le 18 avant midi.

L'acide nitrique a été dosé dans chaque lot par la méthode de Schlœsing.

Lot A (*échantillon*). — Poids sec : $3^{gr},405$.

Azote nitrique : $19^{mgr},2$ = 5.6 p. 100 du poids sec.

Lot B (*sous l'eau*). — Poids sec : $4^{gr},036$.

Azote nitrique : $5^{mgr},65$ = 1.4 p. 100 du poids sec.

Lot C (*sous le bichromate de potassium*). — Poids sec : $5^{gr},057$.

Azote nitrique : $12^{mgr},2$ = 4 p. 100 du poids sec.

Lot D (*sous le sulfate de cuivre*). — Poids sec : $3^{gr},678$.

Azote nitrique : $5^{mgr},1$ = 1.4 p. 100 du poids sec.

Au moment où elles ont été cueillies, les feuilles renfermaient une quantité d'azote nitrique égale à 5.6 p. 100 de leur matière sèche ; sous l'écran formé par la solution de bichromate de potassium, une petite partie seulement de cet azote a disparu, tandis que sous l'eau et le sulfate de cuivre la plus grande partie a été transformée.

La réduction des nitrates dans les feuilles vertes est un phénomène que domine l'action des rayons les plus réfrangibles du spectre.

Expérience II. — Tiges étiolées de pommes de terre conservées à l'obscurité.

Des pommes de terre ont germé dans une cave obscure. Le 12 juillet 1895, on a cueilli 1 250 grammes de tiges étiolées, dont on a fait quatre lots désignés par les lettres A, B, C et D. Ils sont de composition bien uniforme : on évite de rassembler un grand nombre de tiges minces dans un même lot ; pour éviter des inégalités dans la composition, on n'emploie que les portions supérieures des tiges et on rejette les parties vieilles, ligneuses.

Le lot A pèse 100 grammes ; il servira au dosage de la matière sèche, de l'azote organique et ammoniacal.

Le lot B, de 250 grammes, est placé à l'obscurité et plonge dans l'eau jusqu'à 3 centimètres de profondeur.

On prépare la solution suivante, qui n'est autre que le mélange salin de Sachs, dans lequel le nitrate de potassium est remplacé par le sulfate du même métal et auquel on ajoute du sucre.

Eau (privée de nitrate et d'ammoniaque). . . .	1 000cc,0
Sulfate de potassium.	0gr,5
— de magnésium	0 ,5
— de calcium.	0 ,5
Saccharose très pure.	40 ,0

Comme l'eau, la saccharose est très pure ; elle ne contient que des traces d'azote ammoniacal et nitrique.

A une moitié de la solution, on ajoute 2 p. 100 de nitrate de potassium ; à l'autre moitié, 2 p. 100 de sulfate d'ammoniaque.

Nous avons employé ces solutions dans les expériences II à IX ; nous les désignerons simplement sous les noms de solutions nitrique et ammoniacale. Il est bien entendu qu'elles renferment toujours des sels minéraux et du sucre.

Le lot C pèse 400 grammes ; les tiges qui le composent plongent par la base jusqu'à 3 centimètres de hauteur dans la solution ammoniacale.

Le lot D pèse 500 grammes ; il plonge de même dans la solution nitrique.

Les lots C et D sont placés dans l'armoire obscure à côté du lot B ; la température y varie de 15 à 22°. Tous les jours les solutions et l'eau sont renouvelées pour éviter le développement des moisissures et l'élaboration de matières albuminoïdes par ces organismes.

Le 20 juillet au soir, au bout de huit jours et demi, on a mis fin à l'expérience.

Étude du lot A (échantillon).

Matière sèche : 5gr,76 pour 100 gr. de poids frais.

Azote organique et ammoniacal.	264mgr,5
Azote ammoniacal	13 ,1
Azote nitrique.	10 ,3
Azote organique (264mgr,5 — 13mgr,1)	251 ,4

Étude du lot B (*tiges dans l'eau*). — Matière sèche : 5gr,73 p. 100.

Dans 100 grammes de tiges, il y a :

Azote organique et ammoniacal.	261mgr,9
Azote ammoniacal	10 ,1
Azote organique (261mgr,9 — 10mgr,1)	251 ,8
Azote nitrique : le dosage n'a pas réussi.	

Étude du lot C (*tiges dans la solution ammoniacale*). — Matière sèche : 6,07 p. 100.

L'augmentation de la matière sèche provient de l'absorption du sucre ; il peut même, comme on sait, en résulter une production d'amidon.

Dans 100 grammes de tiges fraîches, il y a :

Azote organique et ammoniacal.	289mgr,8
Azote ammoniacal	36 ,2
Azote organique (289mgr,8 — 36mgr,2)	253 ,6
Azote nitrique.	8 ,5

Étude du lot D (*tiges dans la solution nitrique*). — Matière sèche : 5,73 p. 100.

Dans 100 grammes de tiges fraîches, il y a :

Azote organique et ammoniacal.	275mgr,6
Azote ammoniacal	24 ,4
Azote organique (275mgr,6 — 24mgr,4)	251 ,2
Azote nitrique.	37 ,0

Il n'y a pas eu transformation de l'acide nitrique en matières organiques azotées ; mais une certaine quantité de nitrate a été transformée en composés ammoniacaux. On savait déjà que les nitrates peuvent être réduits en nitrites dans les tissus vivants des plantes, notamment par la pomme de terre[1].

Résultats de l'expérience II.

LOTS.	AZOTE organique et ammoniacal.	ammoniacal.	organique.	nitrique.
—	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
Tiges coupées venant de la cave . .	264,5	13.1	251,4	10,3
— dans l'eau	261,9	10,1	251,8	•
— dans la solution ammoniacale.	289,8	36,2	253,6	8,5
— — nitrique. . .	275,6	24,4	251,2	37,0

1. Émile Laurent, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique,* 3e série, t. XX, p. 478, 1890.

Les différences entre les quantités d'azote organique des quatre lots sont insignifiantes, inférieures à la limite d'erreur que les analyses comportent.

A l'obscurité, les tiges étiolées de pomme de terre n'assimilent ni l'azote ammoniacal ni l'azote nitrique.

Expérience III. — Tiges verdies de pomme de terre exposées au soleil.

Le 27 juillet 1895, 600 grammes de tiges de pommes de terre, cueillies avec les mêmes soins que dans l'expérience II, ont été placées à la lumière afin de les laisser verdir. Tous les deux jours, on a renouvelé l'eau dans laquelle elles plongeaient.

Le 3 août, les tiges ont été retirées; elles étaient devenues vertes et portaient de jeunes feuilles de même couleur. On a coupé la partie inférieure des tiges, le plus souvent pourrissante, puis on a fait quatre lots:

Lot A: 150 grammes destinés au dosage de l'azote organique, ammoniacal et nitrique.

Lot B: 100 grammes; les bases des tiges plongent dans l'eau.

Lot C: 150 grammes, placés dans la solution ammoniacale.

Lot D: 150 grammes, que l'on fait plonger dans une solution nitrique.

Les lots B, C et D sont placés à la lumière sur le rebord d'une fenêtre exposée au nord-ouest. Les solutions sont renouvelées tous les jours.

L'expérience a duré jusqu'au 8 août matin. Dans l'intervalle, le ciel avait été assez clair les 3 et 5 août; couvert et pluvieux, les trois autres jours.

Étude de A (échantillon). — Matière sèche : 5,7 p. 100.

Dans 100 grammes de tiges fraîches, il y a :

Azote organique et ammoniacal	292mgr,4
Azote ammoniacal	30 ,2
Azote organique (292mgr,4 — 30mgr,2)	262 ,2
Azote nitrique	1 ,6

Au moment où elles ont été coupées à la cave, ces tiges renfermaient 251^{mgr},4 d'azote organique, 13^{mgr},1 d'azote ammoniacal, 10^{mgr},3 d'azote nitrique. Pendant le verdissement, elles ont perdu la plus grande partie de leur nitrate; par contre, elles sont plus riches en ammoniaque formée aux dépens de l'acide nitrique et enlevé à l'air et à l'eau. Il y a eu assimilation de 262^{mgr},2 — 251^{mgr},4 = 10^{mgr},8 d'azote organique.

Étude de B (*tiges dans l'eau*). — Matière sèche : 6^{gr},5 p. 100.

Dans 100 grammes de tiges fraîches, il y a :

Azote organique et ammoniacal.	292^{mgr},4
Azote ammoniacal	8 ,8
Azote organique (292^{mgr},4 — 8^{mgr},8)	283 ,6
Azote nitrique.	1 ,8

L'ammoniaque contenue dans les tiges pendant le verdissement a en grande partie disparu sous l'influence de la lumière solaire. Un peu de nitrate a persisté dans les tiges.

Étude de C (*tiges dans la solution ammoniacale*). — Matière sèche : 7^{gr},5 p. 100.

Dans 100 grammes de tiges fraîches, il y a :

Azote organique et ammoniacal.	422^{mgr},8
Azote ammoniacal	68 ,5
Azote organique (422^{mgr},8 — 68^{mgr},5)	354 ,3
Azote nitrique.	»

Il y a eu une assimilation énergique de l'azote ammoniacal.

Étude de D (*tiges dans la solution nitrique*). — Matière sèche : 7^{gr},02 p. 100.

Dans 100 grammes de tiges fraîches, il y a :

Azote organique et ammoniacal.	382^{mgr},7
Azote ammoniacal	33 ,5
Azote organique (382^{mgr},7 — 33^{mgr},5)	349 ,2
Azote nitrique.	7 ,6

Les lots C et D renferment beaucoup plus de matière sèche que le lot B et surtout que le lot A ; ils ont assimilé l'acide carbonique de l'air absorbé et en outre le sucre des solutions.



Les tiges verdies exposées à la lumière assimilent l'azote nitrique; il paraît y avoir d'abord réduction de l'acide nitrique en ammoniaque, comme tend à le prouver la quantité d'azote ammoniacal constatée lors de l'analyse.

L'azote nitrique ($7^{mgr},6$) provient du nitrate qui se trouvait diffusé au moment où l'on a mis fin à l'expérience et qui n'avait pas encore été décomposé par l'action combinée du protoplasme et de la lumière.

Résultats de l'expérience III.

LOTS.	AZOTE organique et ammoniacal.	AZOTE ammoniacal.	AZOTE organique.	AZOTE nitrique.
—	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
Tiges venant de la cave	264,5	13,1	251,4	10,3
— verdies.	292,4	30,2	262,2	1,6
— verdies dans l'eau	292,4	8,8	283,6	1,8
— verdies dans la solution ammoniacale	422,8	68,5	354,3	»
Tiges verdies dans la solution nitrique.	382,7	33,5	349,2	7,6

Les tiges verdies de pomme de terre assimilent l'azote ammoniacal et l'azote nitrique à la lumière solaire.

Expérience IV. — Tiges étiolées de l'asperge à la lumière.

Après les expériences II et III, nous aurions voulu opérer avec des tiges de pomme de terre non verdies exposées à la lumière. Un essai fait dans ce but ne nous a pas réussi parce que le verdissement des tiges étiolées de cette espèce est très rapide. Alors nous avons eu recours à des tiges d'asperges (*asparagus officinalis*) qui s'étaient développées à la cave et qui étaient complètement privées de chlorophylle.

Ces tiges ont été découpées en morceaux; on a réuni tous ceux de la base, tous ceux de la partie moyenne et tous ceux du sommet en trois lots pesant chacun 200 grammes. Chaque lot a été divisé en quatre portions de 50 grammes, puis on a fait quatre lots de 150 grammes en réunissant 50 grammes de chacun des trois pre-

miers lots. On a ainsi obtenu de nouveaux lots comprenant une quantité égale des morceaux de tiges pris aux différents niveaux. Il y a tout lieu de croire que les quatre lots sont identiques comme composition chimique. Nous les appellerons A, B, C et D.

Le lot A sert au dosage de l'azote total et ammoniacal.

Les bases des tiges du lot B plongent dans un vase contenant de l'eau.

Le lot C est placé dans un vase renfermant une couche de 3 centimètres de solution ammoniacale.

Le lot D plonge de même dans la solution nitrique.

La mise en expérience a lieu le 21 août 1896 au soir, afin de faciliter la diffusion des sels pendant la nuit et de réduire ainsi la durée de l'insolation, de crainte d'un verdissement rapide. Le lendemain, à 8 heures du matin, les lots B, C et D sont mis en plein soleil.

Le ciel a été presque toujours pluvieux pendant les trois jours de l'expérience. Néanmoins, les extrémités des tiges ont verdi légèrement, puis sont devenues rougeâtres ; il est des tiges qui sont rouges sur toute leur longueur. Le 24 au soir, lorsqu'on retire les tiges, leurs pointes, la veille encore brun verdâtre, ont une teinte nettement verte. La quantité de chlorophylle formée est peu considérable.

Étude de A (*échantillon*). — Matière sèche : 11^{gr},04 p. 100.

Azote organique et ammoniacal	542^{mgr},1
Azote ammoniacal	9 ,8
Azote organique (542^{mgr},1 — 9^{mgr},8)	532 ,3

Étude de B (*tiges dans l'eau*). — Matière sèche : 11^{gr},0 p. 100.

Azote organique et ammoniacal	537^{mgr},5
Azote ammoniacal	8 ,8
Azote organique (537^{mgr},5 — 8^{mgr},8)	528 ,7

L'azote ammoniacal n'a pas sensiblement diminué dans les tiges exposées durant trois jours au soleil. Serait-ce dû à la grande quantité d'asparagine qui s'accumule dans les tiges d'asperge étiolées et qui aurait ralenti l'assimilation de l'azote ? C'est précisément pour éviter cet inconvénient que nous avons toujours ajouté du sucre à nos solutions nutritives.

Étude de C (tiges dans la solution ammoniacale). — Matière sèche : 11gr,1 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	585mgr,45
Azote ammoniacal.	14 ,20
Azote organique (585mgr,45 — 14mgr,2).	571 ,25

Étude de D (tiges dans la solution nitrique). — Matière sèche : 11gr,13 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	551mgr,4
Azote ammoniacal	7 ,2
Azote organique (551mgr,4 — 7mgr,2)	544 ,2

L'azote nitrique contenu dans les tiges au début de l'expérience et à la fin n'a pas été dosé dans l'expérience IV ni dans les suivantes. Les faits relatifs à la disparition des nitrates se dégagent assez clairement des analyses des lots plongés dans la solution nitrique.

Résultats de l'expérience IV.

LOTS.	AZOTE organique et ammoniacal.	AZOTE ammoniacal.	AZOTE organique.
—	milligr.	milligr.	milligr.
Tiges venant de la cave.	542,10	9,8	532,30
Tiges exposées au soleil dans l'eau. . .	537,50	8,8	528,70
Tiges exposées au soleil dans la solution ammoniacale.	585,45	14,2	571,25
Tiges exposées au soleil dans la solution nitrique	551,40	7,2	544,20

Les tiges d'asperge à peu près privées de chlorophylle assimilent à la lumière solaire l'azote nitrique et mieux encore l'azote ammoniacal.

Afin de résoudre d'une manière encore plus nette la question relative au rôle de la chlorophylle dans l'assimilation de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal, nous avons renoncé à expérimenter sur des tiges étiolées et les avons remplacées par des feuilles complètement blanches des variétés à feuilles panachées. On sait que plusieurs espèces présentent parfois des feuilles, même des rameaux complètement privés de chlorophylle. En opérant de la sorte, nous avons obtenu les résultats les plus concluants.

Expérience V. — Feuilles blanches et feuilles vertes de l'orme à grandes feuilles panachées (*Ulmus campestris fol var.*) exposées à la lumière.

Parmi les feuilles mises en expérience, les unes étaient toutes blanches ou ne présentaient que des taches vertes peu étendues. Les autres, au contraire, étaient toutes vertes, bien que provenant de branches du même arbre que les feuilles blanches.

De chaque catégorie de feuilles, on a pesé 30 grammes, dont on a fait trois lots de 10 grammes. Désignons-les par A_b, B_b, C_b et A_v, B_v et C_v; les indices *b* et *v* signifient feuilles blanches et feuilles vertes.

Les lots A_b et A_v sont destinés au dosage de l'azote organique et ammoniacal.

Les feuilles des lots B_b et B_v sont couchées la face supérieure tournée vers le haut dans des cuvettes en porcelaine, plates, et immergées dans la solution ammoniacale sucrée. Quant aux lots C_b et C_v, ils ont été immergés dans les mêmes conditions, sauf que la solution ammoniacale a été remplacée par la solution nitrique.

Les quatre derniers lots ont été exposés à la lumière le 28 août 1896, à 4 heures du soir, par un soleil modéré. Le 29 et le 30, le ciel était bien clair et la radiation vive.

L'expérience a été interrompue dans la soirée du 30 août; les feuilles ont été bien lavées dans l'eau et brossées soigneusement pour enlever les poussières de l'air appliquées à leur face supérieure.

Voici les résultats de l'analyse :

Lot A_b. — Matière sèche : $2^{gr},05 = 20,5$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$66^{mgr},4$
Azote ammoniacal.	0 ,9
Azote organique ($66^{mgr},4 - 0^{mgr},9$)	65 ,5

Lot A_v. — Matière sèche : $4^{gr},2 = 42$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$128^{mgr},35$
Azote ammoniacal.	2 ,10
Azote organique ($128^{mgr},35 - 2^{mgr},1$)	126 ,25

Il convient de remarquer la richesse beaucoup plus grande — plus du double — en matière sèche des feuilles vertes. C'est le résultat de l'assimilation chlorophyllienne. Quant à l'azote organique, il y en a 3,2 p. 100 dans les feuilles blanches et 3 p. 100 dans les feuilles vertes ; la différence est due aux matières hydrocarbonées formées par les feuilles vertes et qui s'y trouvaient au moment de l'expérience. Si l'on fait abstraction de ces matières, la proportion de l'azote organique est plus grande dans les feuilles vertes que dans celles qui sont privées de chlorophylle.

Étude de B_b (feuilles blanches dans la solution ammoniacale).

Matière sèche : $2^{gr},07 = 20,7$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$87^{mgr},4$
Azote ammoniacal	4 ,3
Azote organique ($87^{mgr},4 - 4^{mgr},3$)	83 ,1

Les feuilles blanches immergées dans la solution ammoniacale ont assimilé l'azote donné sous cette forme.

Étude de B_v (feuilles vertes dans la solution ammoniacale).

Matière sèche : $4^{gr},18 = 41,8$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$142^{mgr},2$
Azote ammoniacal	5 ,2
Azote organique ($142^{mgr},2 - 5^{mgr},2$)	137 ,0

Les feuilles vertes ont aussi assimilé l'azote ammoniacal, mais beaucoup moins en proportion de leur poids sec que les feuilles blanches.

Étude de C_b (feuilles blanches dans la solution nitrique).

Matière sèche : $2^{gr},07 = 20,7$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$69^{mgr},1$
Azote ammoniacal	1 ,5
Azote organique ($69^{mgr},1 - 1^{mgr},5$)	67 ,6

Les feuilles blanches ont peu ou même pas assimilé l'azote de la solution nitrique dans laquelle elles flottaient.

Étude de C_2 (feuilles vertes dans la solution nitrique).

Matière sèche : 4gr,25 = 42,5 p. 100.

Azote organique et ammoniacal	159mgr,2
Azote ammoniacal	4 ,0
Azote organique (159mgr,2 — 4mgr,0)	155 ,2

Les feuilles vertes ont assimilé activement l'azote du nitrate de potassium.

Résultats de l'expérience V.

LOTS.	AZOTE organique et ammoniacal.	AZOTE ammoniacal.	AZOTE organique.
—	milligr.	milligr.	milligr.
Feuilles blanches, échantillon . .	66,40	0,9	65,50
— dans la solution ammoniacale	87,40	4,3	83,10
Feuilles blanches dans la solution nitrique.	69,10	1,5	67,60
Feuilles vertes, échantillon . . .	128,35	2,1	126,25
— dans la solution ammoniacale	142,20	5,2	137,00
Feuilles vertes dans la solution nitrique.	159,20	4,0	155,20

Si l'on compare les quantités d'azote assimilées par les feuilles blanches flottant dans la solution ammoniacale et par les feuilles vertes plongeant dans les deux solutions nutritives, on s'assure que la synthèse des matières albuminoïdes est aussi active dans les deux cas lorsque le sel est favorable. En d'autres termes, la chlorophylle n'est pas nécessaire à l'assimilation de l'azote, tout au moins de l'azote ammoniacal. Mais elle stimule singulièrement l'assimilation de l'azote nitrique, sans doute à cause des rayons qu'elle absorbe et que le protoplasme utilise pour la réduction des nitrates.

Nous avons cependant fait remarquer précédemment qu'en réalité les feuilles blanches contiennent moins d'azote organique que les feuilles vertes débarrassées des produits de l'assimilation du carbone. Voici, d'après nous, comment on peut interpréter ce fait : la synthèse des matières albuminoïdes exige la présence de substances

hydrocarbonées, ainsi que le prouve l'accumulation bien connue d'asparagine dans les graines et les pousses végétant à l'obscurité.

Dans nos essais, les feuilles blanches trouvaient dans la solution nutritive du sucre qui pouvait diffuser dans les cellules, au moins par la section des pétioles. Mais à l'état naturel, il est vraisemblable que les feuilles blanches ne reçoivent pas beaucoup de matières sucrées des feuilles vertes, surtout si les unes et les autres se trouvent sur des rameaux différents.

On peut aussi supposer que la sève de l'orme renferme peu de sels ammoniacaux, que les feuilles blanches utilisent de préférence.

Voici les conclusions qui résultent des chiffres consignés dans le tableau précédent :

1° *Les feuilles blanches d'orme assimilent difficilement, peut-être pas du tout, l'azote nitrique ; elles semblent réduire difficilement les nitrates ;*

2° *Les feuilles blanches assimilent activement l'azote ammoniacal ;*

3° *Au soleil, les feuilles vertes assimilent activement l'azote nitrique beaucoup mieux que l'azote ammoniacal.*

Expérience VI. — Feuilles blanches et feuilles vertes d'érable à feuilles de frêne (*Acer Negundo*) exposées à la lumière.

Cette expérience est analogue à la précédente que nous aurions voulu répéter en opérant sur des quantités de feuilles plus considérables. Mais nous ne sommes pas parvenus à nous en procurer suffisamment.

Nous avons employé les feuilles blanches et les feuilles vertes de l'érable à feuilles de frêne. La variété panachée de cette espèce présente fréquemment des rameaux portant des feuilles toutes blanches. Parfois certains pieds portent des branches à feuilles complètement vertes ; nous n'en avions pas à notre disposition et avons fait usage de feuilles blanches et de feuilles vertes cueillies sur des arbres différents de la même espèce plantés dans l'arboretum de l'Institut agricole.

Le 1er septembre 1896, on a pesé 105 grammes de feuilles d'érable toutes blanches, qui ont été réparties en trois portions aussi égales que possible quant à l'origine des feuilles provenant d'arbres différents. Désignons-les par A_b, B_b, C_b.

Le même jour, on prépare, avec les mêmes soins, des lots pesant 35 grammes, mais composés de feuilles vertes ; appelons-les A_v, B_v et C_v.

Les rachis des feuilles de chaque lot sont liés avec un petit cordon ; on les place ensuite dans un verre, de façon à faire reposer les limbes au-dessus du bord du récipient ; au fond de celui-ci, on verse de l'eau ou l'une des solutions nutritives, de façon que les rachis y plongent jusqu'à environ 3 centimètres de leur section.

Les six lots ont été exposés le 1er septembre, à 3 heures, à un soleil assez brillant. Les lots A_b et A_v plongent dans l'eau ; B_b et B_v dans la solution ammoniacale ; C_b et C_v dans la solution nitrique.

Le lendemain, le temps était très beau jusqu'à midi, puis le ciel est resté couvert jusqu'au soir ; à ce moment, on a renouvelé l'eau et les solutions nutritives.

Le 3 septembre, le ciel fut couvert et pluvieux. Les vases sont retirés à 6 heures du soir et, aussitôt, mis à l'étuve à dessiccation.

Étude de A_b (feuilles blanches dans l'eau).

Matière sèche : 5gr,25 = 15,0 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	215mgr,4
Azote ammoniacal	5 ,9
Azote organique (215mgr,4 — 5mgr,9)	209 ,5

Étude de A_v (feuilles vertes dans l'eau).

Matière sèche : 12gr,75 = 36,43 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	311mgr,3
Azote ammoniacal	9 ,9
Azote organique (311mgr,3 — 9mgr,9)	301 ,4

Les feuilles vertes sont plus riches en matière sèche que les feuilles blanches ; les premières renferment 3,99 p. 100 d'azote organique et les secondes 2,36 p. 100. Nous avons, à propos des feuilles d'orme, expliqué ces différences.

Étude de B_b (feuilles blanches dans la solution ammoniacale).

Matière sèche : $6^{gr},60 = 18,86$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$318^{mgr},7$
Azote ammoniacal	13 ,1
Azote organique ($318^{mgr},7 - 13^{mgr},1$)	305 ,6

Étude de B_v (feuilles vertes dans la solution ammoniacale).

Matière sèche : $13^{gr},60 = 38,86$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$387^{mgr},6$
Azote ammoniacal	33 ,6
Azote organique ($387^{mgr},6 - 33^{mgr},6$).	354 ,0

Dans la solution ammoniacale, les feuilles blanches ont assimilé une grande quantité d'azote ($305^{mgr},6 - 209^{mgr},5 = 96^{mgr},1$), pendant que les feuilles vertes en ont assimilé beaucoup moins ($354^{mgr},0 - 301^{mgr},4 = 52^{mgr},6$).

Étude de C_b (feuilles blanches dans la solution nitrique).

Matière sèche : $6^{gr},90 = 19,71$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$266^{mgr},6$
Azote ammoniacal	9 ,1
Azote organique ($266^{mgr},6 - 9^{mgr},1$)	257 ,5
Azote nitrique assimilé par les feuilles blanches : $257^{mgr},5 - 209^{mgr},5 =$	48 ,0

Étude de C_v (feuilles vertes dans la solution nitrique).

Matière sèche : $13^{gr},50 = 38,57$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$578^{mgr},05$
Azote ammoniacal.	34 ,05
Azote organique ($578^{mgr},05 - 34^{mgr},05$)	544 ,00
Azote nitrique assimilé par les feuilles vertes : $544^{mgr},0 - 301^{mgr},4 =$	242 ,60

Contrairement aux feuilles blanches, les feuilles vertes d'érable assimilent l'azote nitrique beaucoup mieux que l'azote ammoniacal.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que la matière sèche des feuilles plongées dans les solutions sucrées, surtout pour les feuilles

blanches, est notablement supérieure à celle des deux lots plongés dans l'eau :

	FEUILLES	
	blanches.	vertes.
	p. 100	p. 100
Lots plongés dans l'eau	15.00	36.43
Lots dans la solution ammoniacale	18.86	38.86
Lots dans la solution nitrique	19.71	38.57

Le pouvoir absorbant plus élevé des feuilles blanches est en corrélation avec leur pauvreté en substances hydrocarbonées.

Résultats de l'expérience VI.

	AZOTE		
LOTS.	organique et ammoniacal.	ammoniacal.	organique.
	milligr.	milligr.	milligr.
A_b. Feuilles blanches dans l'eau . . .	215,40	5,90	209,5
B_b. — dans la solution ammoniacale	318,70	13,10	205,6
C_b. Feuilles blanches dans la solution nitrique	266,60	9,10	257,5
A_v. Feuilles vertes dans l'eau	311,30	9,90	301,4
B_v. — dans la solution ammoniacale	387,60	33,60	354,0
C_v. Feuilles vertes dans la solution nitrique	578,05	34,05	544,0

L'expérience VI démontre à l'évidence :

1° *Que les feuilles blanches de l'érable à feuilles de frêne à la lumière, assimilent beaucoup mieux l'azote ammoniacal que l'azote nitrique.*

2° *Que les feuilles vertes de la même espèce, exposées au soleil, assimilent énergiquement les nitrates et beaucoup moins bien l'azote ammoniacal.*

Nous discuterons plus loin cette préférence des feuilles vertes pour les nitrates.

Attirons tout de suite l'attention sur ce fait déjà constaté dans les expériences II et III, que les organes verts et blancs nourris avec la solution nitrique renferment des quantités assez importantes d'azote

ammoniacal. On peut donc supposer que l'acide nitrique, avant d'entrer dans la composition des matières albuminoïdes, doit, au préalable, être transformé en combinaison ammoniacale. Au reste, c'est une hypothèse qu'imposait, *a priori,* la composition de ces substances.

Il est aussi intéressant de remarquer que la quantité d'ammoniaque renfermée dans les lots B_v et C_v est la même. Serait-ce la limite de ce qui peut exister, sans nuire, dans les tissus mis en expérience ?

Expérience VII. — Feuilles blanches et feuilles vertes de l'érable à feuilles de frêne placées à l'obscurité.

La lumière est-elle vraiment nécessaire à l'assimilation de l'azote nitrique et ammoniacal par les feuilles blanches et par les feuilles vertes ? Les résultats de l'expérience II tendent à démontrer que les organes étiolés sont incapables de réaliser ce travail à l'obscurité. En est-il de même des feuilles pourvues de chlorophylle ?

L'expérience VII va nous éclairer à ce sujet.

On prépare deux lots de feuilles blanches d'érable à feuilles de frêne, pesant chacun 15 grammes, et deux lots de feuilles vertes, de 25 grammes chacun. Les matériaux employés proviennent d'un autre jardin que ceux de l'expérience VI. Les lots ont été composés soigneusement et on les a disposés au-dessus de vases en verre comme dans l'expérience VI.

Désignons ces lots par A_b, A_v, B_b, B_v. Les deux premiers plongent dans l'eau, B_b dans la solution ammoniacale et B_v dans la solution nitrique. Après les résultats des expériences V et VI, nous pouvions nous borner à étudier l'assimilation de l'azote ammoniacal sur les feuilles blanches, et celle de l'azote nitrique sur les feuilles vertes.

Les quatre lots en question sont placés, le 26 septembre, à 11 heures 1/2, dans l'armoire obscure du laboratoire (température variant de 15 à 20°). On a renouvelé les solutions et l'eau le 27 au soir. Le 30 septembre, à 7 heures du matin, c'est-à-dire après 3 jours 1/2, on a arrêté l'expérience.

Étude de A_b (feuilles blanches dans l'eau).

Matière sèche : $2^{gr},918$ = 19,45 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$133^{mgr},9$
Azote ammoniacal	4 ,5
Azote organique ($133^{mgr},9$ — $4^{mgr},5$)	129 ,4

Étude de A_v (feuilles vertes dans l'eau).

Matière sèche : $7^{gr},47$ = 29,9 p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$198^{mgr},25$
Azote ammoniacal.	9 ,70
Azote organique ($198^{mgr},25$ — $9^{mgr},7$)	188 ,55

Les feuilles blanches renferment 4,44 p. 100 du poids sec en azote organique ; dans les feuilles vertes, il y en a seulement 2,52 p. 100. Celles-ci provenaient de rameaux particulièrement vigoureux, à végétation tardive ; elles étaient larges et épaisses, et avaient dû assimiler en abondance.

Étude de B_b (feuilles blanches dans la solution ammoniacale).

Matière sèche : $3^{gr},65$ = 24,33 p. 100.

Il y a eu une absorption considérable de sucre.

Azote organique et ammoniacal.	$138^{mgr},8$
Azote ammoniacal	11 ,9
Azote organique ($138^{mgr},8$ — $11^{mgr},9$)	126 ,9

Étude de B_v (feuilles vertes dans la solution nitrique).

Matière sèche : $7^{gr},49$ = 29,96 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$194^{mgr},7$
Azote ammoniacal	10 ,0
Azote organique ($194^{mgr},7$ — $10^{mgr},0$).	184 ,7

Résultats de l'expérience VII.

LOTS.	AZOTE organique et ammoniacal.	AZOTE ammoniacal.	AZOTE organique.
—	milligr.	milligr.	milligr.
A_b. Feuilles blanches dans l'eau . . .	133,90	4,5	129,40
B_b. — dans la solution ammoniacale	138,80	11,9	126,90
A_v. Feuilles vertes dans l'eau	198,25	9,7	188,55
B_v. — dans la solution nitrique	194,70	10,0	184,70

Il y a moins d'azote organique dans les lots plongés dans les solutions nutritives que dans les deux autres lots. Pour B_b, la différence ne dépasse pas la limite d'erreur provenant des analyses ; pour B_v, elle est peut-être accidentelle, car, d'après Th. Schlœsing fils[1], on ne peut admettre qu'il y ait dégagement d'azote libre par les tissus végétaux. Nous savons encore qu'ils sont aussi incapables de nitrifier l'ammoniaque. Mais il a pu se former de l'ammoniaque aux dépens des matières azotées organiques.

A l'obscurité, les feuilles blanches n'assimilent pas l'azote ammoniacal et les feuilles vertes n'utilisent pas les nitrates pour élaborer des matières organiques azotées.

Évidemment, on peut aussi admettre qu'à l'obscurité les feuilles blanches n'assimilent pas les nitrates et que les feuilles vertes ne consomment pas les sels ammoniacaux.

Expérience VIII. — Feuilles blanches et feuilles vertes d'*Aspidistra elatior* exposées à la lumière.

Les plantes qui jusqu'ici ont été l'objet de nos recherches sont des dicotylédones. L'*Aspidistra* est une monocotylédone.

Nous avons eu la bonne fortune de disposer d'un assez grand nombre de feuilles, toutes blanches, d'*Aspidistra elatior fol. var.* provenant de plantes cultivées dans la même serre et dans les mêmes conditions de sol.

Nous en avons fait trois lots :

Lot A_b pesant	20gr,5
Lot B_b pesant	20 ,0
Lot C_b pesant	21 ,0

En même temps, on a préparé trois lots de feuilles vertes de la même espèce, cueillies dans la même serre, mais sur des plantes complètement vertes. Ces lots pesaient : A_v 36 grammes, B_v 35 grammes et C_v 34 grammes.

1. Th. Schlœsing fils, Contribution à l'étude de la germination. (*Comptes rendus*. 10 juin 1895.)

Les six lots ont été placés dans des vases au fond desquels il y avait une couche de 4 centimètres d'eau ou de solution nutritive; les feuilles y plongeaient par la base de leur limbe, les pétioles ayant été coupés.

A_b et A_v plongeaient dans l'eau; B_b et B_v dans la solution ammoniacale; C_b et C_v dans la solution nitrique.

Le 2 octobre au soir, tous ont été placés dans une serre où la température a varié de 15 à 18°, à un endroit bien éclairé.

Le lendemain, il fit un beau soleil ainsi que le 4, de 10 à 12 heures, le 6, avant midi, et toute la journée du 8. Pendant le reste du temps, le ciel fut couvert et pluvieux. On a mis fin à l'expérience dans la soirée du 8 octobre.

Étude de A_b (feuilles blanches dans l'eau).

Matière sèche : $2^{gr},545$ = 12,41 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$53^{mgr},60$
Azote ammoniacal	3 ,90
Azote organique ($53^{mgr},6$ — $3^{mgr},9$)	49 ,70
Azote organique pour 100 de matière sèche.	1 ,95

Étude de A_v (feuilles vertes dans l'eau).

Matière sèche : $11^{gr},750$ = 32,64 p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$191^{mgr},95$
Azote ammoniacal.	19 ,20
Azote organique ($191^{mgr},95$ — $19^{mgr},2$)	172 ,75
Azote organique pour 100 de matière sèche	1 ,47

Mêmes remarques que pour l'orme et l'érable, en ce qui concerne la proportion de la matière sèche et le taux d'azote organique.

Étude de B_b (feuilles blanches dans la solution ammoniacale).

Matière sèche : $2^{gr},810$ = 14,05 p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$82^{mgr},5$
Azote ammoniacal.	12 ,7
Azote organique ($82^{mgr},5$ — $12^{mgr},7$).	69 ,8

Étude de B_v (feuilles vertes dans la solution ammoniacale).

Matière sèche : $12^{gr},190$ = 34,83 p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$236^{mgr},65$
Azote ammoniacal.	39 ,50
Azote organique ($236^{mgr},65$ — $39^{mgr},5$).	197 ,15

Étude de C_b (feuilles blanches dans la solution nitrique).

Matière sèche : $2^{gr},8 = 13,33$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$68^{mgr},6$
Azote ammoniacal.	8 ,5
Azote organique ($68^{mgr},6 - 8^{mgr},5$)	60 ,1

Étude de C_v (feuilles vertes dans la solution nitrique).

Matière sèche : $12^{gr},2 = 35,88$ p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$260^{mgr},2$
Azote ammoniacal	28 ,2
Azote organique ($260^{mgr},2 - 28^{mgr},2$)	232 ,0

Les lots A_b, B_b et C_b n'avaient pas le même poids ; il en est de même des lots A_v, B_v et C_v. Si l'on calcule les quantités d'azote organique et ammoniacal pour 20 grammes des trois premiers et 35 grammes des trois derniers, on obtient les chiffres indiqués au tableau suivant :

Résultats de l'expérience VIII.

LOTS.	AZOTE organique.	AZOTE ammoniacal.
—	—	—
	milligr.	milligr.
A_b. Feuilles blanches dans l'eau	48,50	3,8
B_b. — dans la solution ammoniacale.	69,80	12,7
C_b. — dans la solution nitrique. . .	57,20	8,1
A_v. Feuilles vertes dans l'eau	167,95	18,7
B_v. — dans la solution ammoniacale. .	197,15	39,5
C_v. — dans la solution nitrique . . .	238,80	29,0

*A la lumière, les feuilles d'*Aspidistra *vertes et blanches assimilent l'azote nitrique et l'azote ammoniacal ; les premières préfèrent les nitrates et les secondes l'ammoniaque.*

Pour l'*Aspidistra,* comme pour l'orme et l'érable, le fait suivant se vérifie : tandis que les feuilles blanches ont une préférence marquée pour l'ammoniaque, les feuilles vertes assimilent beaucoup mieux l'acide nitrique.

Le faible pouvoir des feuilles privées de chlorophylle de réduire les nitrates se comprend aisément : elles ne peuvent utiliser pour ce travail les rayons absorbés par la chlorophylle.

Pour ce qui est des feuilles vertes, on comprend moins bien leur prédilection pour les nitrates. On sait depuis longtemps que parmi les plantes, supérieures et inférieures, il y a des espèces qui préfèrent les nitrates, d'autres les sels ammoniacaux et qu'il en est aussi pour lesquelles la nature du sel azoté est indifférente.

D'après Lœw, ces différences s'expliqueraient par l'action des combinaisons ammoniacales sur la cellule végétale : elle résisterait, suivant les espèces, à des doses d'ammoniaque plus ou moins considérables. Et cette résistance serait plus grande chez les espèces qui préfèrent l'ammoniaque.

Cette interprétation peut sans doute être appliquée dans le cas actuel, puisque, comme nous l'avons fait remarquer, dans l'expérience VI, il y avait la même quantité d'ammoniaque dans les feuilles vertes nourries avec la solution nitrique et la solution ammoniacale.

Néanmoins, nous sommes porté à croire que, à côté de l'influence de l'ammoniaque sur la cellule, il y a aussi l'action de ce corps produit à l'état naissant à la suite de la réduction des nitrates. Sinon, comment comprendre que pour la même espèce, les feuilles blanches assimilent activement l'ammoniaque ? Peut-être pourrait-on supposer que l'action nuisible de ce corps se ferait surtout sentir en présence de certains produits de l'assimilation chlorophylienne.

Expérience IX. — Quels sont les rayons qui interviennent dans l'assimilation de l'azote ammoniacal et de l'azote nitrique ?

Pour répondre à cette question, que résout incomplètement l'expérience I, nous avons eu recours aux feuilles blanches et aux feuilles vertes de l'*Acer negundo* et à la méthode des écrans absorbants. C'étaient les mêmes cloches et les mêmes solutions que dans l'expérience I.

L'expérience IX a été entreprise en même temps que l'expérience VII. On a fait quatre lots de 15 grammes de feuilles blanches et quatre lots de 25 grammes de feuilles vertes.

Les lots de feuilles blanches sont C_b, D_b, E_b et F_b; ils plongent dans la solution ammoniacale. Les feuilles vertes des lots C_v, D_v, E_v et F_v ont les parties inférieures de leurs pétioles immergées dans la solution nitrique.

C_b et C_v sont placés côte à côte sous un écran formé par une couche de 30 millimètres de bichromate de potassium à saturation.

Les lots D_b et D_v sont recouverts par une solution de sulfate de cuivre ammoniacal de même épaisseur.

Les lots E_b et E_v sont placés sous la cloche double avec une solution de bisulfate de quinine à 2 p. 100.

Enfin les lots F_b et F_v sont recouverts par une cloche de mêmes dimensions que les trois premières, mais, entre ses parois doubles, il y a de l'eau.

Les quatre cloches se trouvent dans un endroit bien exposé au soleil, à partir du 26 septembre, à 11 heures 1/2 du matin. Le soleil, alors assez vif, a fait place, à 1 heure, à un temps couvert, qui a persisté jusqu'au soir.

Le 28, soleil pendant presque toute la journée.

Le 29, ciel un peu brumeux.

Le 30, à 7 heures du matin, on retire tous les lots en expérience.

On remarque que le lot D_b n'a pas bien plongé dans la solution et qu'il est partiellement desséché. Sous la couche, assez foncée, de sulfate de cuivre, cet accident avait passé inaperçu pendant la durée de l'expérience. L'assimilation a dû s'en ressentir.

Étude de C_b (feuilles blanches sous le bichromate de potassium).

Matière sèche : $2^{gr},9$ = 19,33 p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$144^{mgr},2$
Azote ammoniacal	11 ,4
Azote organique ($144^{mgr},2$ — $11^{mgr},4$)	132 ,8

Étude de C_v (feuilles vertes sous le bichromate de potassium).

Matière sèche : $8^{gr},25$ = 33 p. 100.

Azote organique et ammoniacal	$198^{mgr},4$
Azote ammoniacal	10 ,5
Azote organique ($198^{mgr},4$ — $10^{mgr},5$)	187 ,9

Étude de D_b (feuilles blanches sous le sulfate de cuivre).

Matière sèche : $2^{gr},94$ = 19,6 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$143^{mgr},1$
Azote ammoniacal	8 ,5
Azote organique ($143^{mgr},1$ — $8^{mgr},5$)	134 ,6

Étude de D_v (feuilles vertes sous le sulfate de cuivre).

Matière sèche : $8^{gr},375$ = 33,5 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$248^{mgr},9$
Azote ammoniacal	17 ,0
Azote organique ($248^{mgr},9$ — $17^{mgr},0$).	231 ,9

Étude de E_b (feuilles blanches sous le sulfate de quinine).

Matière sèche : $3^{gr},01$ = 20,07 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$134^{mgr},6$
Azote ammoniacal	3 ,6
Azote organique ($134^{mgr},6$ — $3^{mgr},6$)	131 ,0

Étude de E_v (feuilles vertes sous le sulfate de quinine).

Matière sèche : $8^{gr},67$ = 34,7 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$199^{mgr},0$
Azote ammoniacal	13 ,4
Azote organique ($199^{mgr},0$ — $13^{mgr},4$)	185 6

Étude de F_b (feuilles blanches sous l'eau).

Matière sèche : $3^{gr},22$ = 21,46 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$168^{mgr},1$
Azote ammoniacal	8 ,4
Azote organique ($168^{mgr},1$ — $8^{mgr},4$)	159 ,7

Étude de F_v (feuilles vertes sous l'eau).

Matière sèche : $8^{gr},42$ = 33,68 p. 100.

Azote organique et ammoniacal.	$279^{mgr},5$
Azote ammoniacal	32 ,6
Azote organique ($279^{mgr},5$ — $32^{mgr},6$)	246 ,9

Remarquons l'augmentation de la matière sèche des lots D_b, D_v, E_b, E_v, de F_v et surtout de F_b.

Aux chiffres exprimant les résultats précédents, joignons ceux de l'expérience VII, faite le même jour et avec les mêmes matériaux. Les lots de cette expérience serviront de témoins.

A cause de la dessiccation des feuilles, nous ne tiendrons pas compte du chiffre relatif à D_b.

Disons encore que, au moment où l'expérience a été commencée, le 26 septembre, beaucoup de feuilles de l'érable à feuilles de frêne étaient sur le point de tomber : elles n'ont donc pu fonctionner comme elles l'auraient fait plus tôt. C'est à cette cause qu'il faut attribuer, sans aucun doute, le peu d'azote que le lot F_b (sous l'eau) a assimilé ; comme on le voit au tableau VI, des feuilles de la même variété avaient été beaucoup plus actives dans les premiers jours de septembre.

Résultats des expériences VII et IX.

LOTS.	AZOTE organique et ammoniacal.	AZOTE ammoniacal.	AZOTE organique.
—	milligr.	milligr.	milligr.
A_b. Feuilles blanches dans l'eau à l'obscurité. . .	133,90	4,5	129,40
B_b. Feuilles blanches dans la solution ammoniacale à l'obscurité	138,80	11,9	126,90
C_b. Feuilles blanches dans la solution ammoniacale sous le bichromate de potassium	144,20	11,4	132,80
D_b. Feuilles blanches dans la solution ammoniacale sous le sulfate de cuivre	»	»	»
E_b. Feuilles blanches dans la solution ammoniacale sous le sulfate de quinine	134,60	3,6	131,00
F_b. Feuilles blanches dans la solution ammoniacale sous l'eau	168,10	8,4	159,70
A_v. Feuilles vertes dans l'eau à l'obscurité. . . .	198,25	9,7	188,55
B_v. Feuilles vertes dans la solution nitrique à l'obscurité	194,70	10,0	184,70
C_v. Feuilles vertes dans la solution nitrique sous le bichromate de potassium	198,40	10,5	187,90
D_v. Feuilles vertes dans la solution nitrique sous le sulfate de cuivre.	248,90	17,0	231,90
E_v. Feuilles vertes dans la solution nitrique sous le sulfate de quinine	199,00	13,4	185,60
F_v. Feuilles vertes dans la solution nitrique sous l'eau	279,50	32,6	246,90

De l'expérience IX, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° *Il n'y a pas assimilation de l'azote nitrique par les feuilles*

vertes de l'Acer negundo *sous les solutions de bichromate de potassium et de sulfate de quinine. Cette assimilation est très active sous la solution de sulfate de cuivre et sous l'eau. Ce sont donc les rayons ultra-violets qui interviennent dans cette assimilation.*

2° Avec les feuilles blanches de la même espèce, il n'y a qu'une assimilation minime de l'azote ammoniacal, et peut-être elle est nulle, sous les solutions de bichromate de potassium et de sulfate de quinine ; sous l'eau, elle est considérable. L'assimilation de l'ammoniaque est donc stimulée par les rayons ultra-violets.

Les essais avec les feuilles blanches placées sous des écrans absorbants seront répétés l'an prochain, afin de nous assurer s'il y a réellement une légère assimilation de l'ammoniaque dans la région lumineuse du spectre.

Le rôle des rayons ultra-violets dans la synthèse des matières albuminoïdes avait déjà été mis en évidence, mais par une autre voie, dans des recherches entreprises par J. Sachs[1]. Il avait vu que des plantes soustraites aux radiations ultra-violettes sont incapables de fleurir, faute de pouvoir produire les substances albuminoïdes nécessaires à la formation des boutons floraux.

Expérience X. — Plantes d'orge conservées à l'obscurité.

Les expériences que nous venons de rapporter étaient terminées, lorsque nous avons eu connaissance d'un travail de Kinoshita[2] sur l'assimilation de l'azote des nitrates et des sels ammoniacaux.

En opérant à l'obscurité sur de jeunes plantes d'orge et de maïs cultivées dans du sable et arrosées avec des solutions de nitrate de sodium et de chlorure d'ammonium, cet expérimentateur a obtenu le résultat suivant : lorsque les tiges d'orge avaient 20 centimètres de hauteur et celles de maïs 40 centimètres, les unes et les autres renfermaient plus d'azote organique que d'autres plantes des mêmes espèces, cultivées dans les mêmes conditions, mais arrosées avec de

1. J. Sachs, Ueber die Wirkung der ultravioletten Strahlen auf die Blüthenbildung. (*Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg*, Bd. III, p. 372, 1887.)

2. *Loc. cit.*



l'eau pure. Les plantes qui avaient reçu le sel ammoniacal renfermaient beaucoup d'asparagine; au contraire, ce corps n'a pas augmenté dans les plantes arrosées avec la solution de nitrate de sodium.

Nous avons répété cette expérience et nous avons obtenu des résultats qui ne concordent pas avec ceux de Kinoshita.

Le 6 octobre 1896, nous avons fait six lots de 80 graines d'orge de grosseur aussi régulière que possible et qui provenaient d'une malterie; les racines ont environ 1 centimètre de long et les tigelles commencent à poindre.

Poids des lots :

Lot A	6gr,72
Lot B	6 ,38
Lot C	6 ,54
Lot D	6 ,37
Lot E	6 ,17
Lot F	6 ,51

Les lots A, B et C sont placés sur des étamines au-dessus de bocaux cylindriques contenant de l'eau privée de combinaisons azotées; chaque lot est recouvert d'une cloche reposant sur une assiette.

Les lots D, E et F sont plantés dans des pots avec du sable calciné auquel on a ajouté 12 p. 100 d'eau privée de combinaison azotée. Les pots sont aussi placés sur une assiette et recouverts de cloches.

Le 20 octobre au matin, on s'assure que la germination a été très régulière; quelques graines à peine n'ont pas continué à croître. Les tiges ont de 4 à 5 centimètres de longueur.

On remplace l'eau de B par la solution ammoniacale sans sucre et celle de C par la solution nitrique, également sans sucre. Le lot E est simplement arrosé avec la solution ammoniacale sans sucre et le lot F par la solution nitrique dépourvue de sucre. Pour ne pas déranger les jeunes plantules, on ne verse pas les solutions au-dessus du sable, mais sur l'assiette, de façon qu'elles remontent par imbibition.

Tous les jours on arrose ainsi les trois pots, D recevant simple-

ment de l'eau ; de deux en deux jours, on renouvelle, en les siphonant, les liquides de C et B.

Le développement des six cultures a été aussi régulier que la germination ; sous l'influence des matières minérales, les lots B, C, E et F étaient un peu plus beaux que A et D. Nous avions oublié de donner à ceux-ci, au lieu d'eau, la solution minérale privée d'azote.

Le 30 octobre, dans tous les lots, la plupart des tiges avaient environ 20 centimètres de hauteur. On a mis fin à l'expérience et soumis chaque lot à un examen attentif. Seules, les quelques graines qui n'avaient pas continué à croître présentaient des traces de moisissures. On a pu facilement rassembler les plantes qui avaient été placées sur les étamines et ne point perdre la moindre radicelle. Pour celles qui avaient été cultivées dans du sable, celui-ci adhérait si intimement aux poils radicaux que nous avons renoncé à l'éliminer complètement. Une certaine quantité de sable se trouvait donc mélangée à la matière sèche et se retrouvera après dessication.

Tous les lots ont été desséchés immédiatement.

Dans un lot de 10 grammes de graines analogues à celles qui avaient été mises en culture, on a trouvé :

Azote organique et ammoniacal.	111mgr,0
Azote ammoniacal	5 ,3
Azote organique.	105 ,7

Le poids des six lots sera ramené plus loin à 6 grammes ; dans ce poids de graines, il y a donc des quantités d'azote égales aux 6/10 des chiffres ci-dessus, soit 66mgr,6, 3mgr,2 et 63mgr,4.

L'analyse des plantes composant les lots, restes des graines compris, a donné des résultats qui ne peuvent pas être aussi exacts que ceux donnés par les expériences précédentes.

Voici pourquoi : les enveloppes des graines épuisées se mêlent assez difficilement aux tiges et aux racines pulvérisées après dessication ; en outre, la présence d'une certaine quantité de sable dans les lots D, E et F n'a pas permis d'en avoir des échantillons parfaits pour l'analyse. Et nous ne pouvions songer à doser l'azote total dans chaque lot, puisque nous devions tenir compte de l'azote ammoniacal.

Il faudra faire la part de ces difficultés dans l'examen des résultats des analyses.

Étude de A. — Matière sèche, 2gr,7.

	Dans 6gr,72.	Dans 6 gr.
	milligr.	milligr.
Azote organique et ammoniacal	74,5	66,5
Azote ammoniacal.	8,4	7,5
Azote organique	66,1	59,0

Étude de B. — Matière sèche, 2gr,58.

	Dans 6gr,38.	Dans 6 gr.
	milligr.	milligr.
Azote organique et ammoniacal	83,8	78,8
Azote ammoniacal.	14,2	13,4
Azote organique.	69,6	65,4

Étude de C. — Matière sèche, 2gr,885.

	Dans 6gr,54.	Dans 6 gr.
	milligr.	milligr.
Azote organique et ammoniacal	74,8	68,6
Azote ammoniacal.	10,6	9,7
Azote organique.	64,2	58,9

Étude de D. — Matière sèche, 4gr,01 (avec sable).

	Dans 6gr,37.	Dans 6 gr
	milligr.	milligr.
Azote organique et ammoniacal	85,3	80,3
Azote ammoniacal.	12,0	11,3
Azote organique.	73,3	69,0

Étude de E. — Matière sèche, 4gr,32 (avec sable).

	Dans 6gr,17.	Dans 6 gr.
	milligr.	milligr.
Azote organique et ammoniacal	91,5	88,9
Azote ammoniacal.	19,5	18,9
Azote organique.	72,0	70,0

Étude de F. — Matière sèche, 3gr,48 (avec sable).

	Dans 6gr,51.	Dans 6 gr.
	milligr.	milligr.
Azote organique et ammoniacal	89,1	82,1
Azote ammoniacal.	10,1	9,3
Azote organique.	79,0	72,8

Résultats de l'expérience X.

(Calculés pour un poids initial de 6 grammes de graines.)

LOTS.	AZOTE organique et ammoniacal.	AZOTE ammoniacal.	AZOTE organique.
—	— milligr.	— milligr.	— milligr.
Échantillon pris au moment de la mise en expérience	66,6	3,2	63,4
A. Graines avec eau	66,5	7,5	59,0
B. — avec solution ammoniacale	78,8	13,4	65,4
C. — avec solution nitrique	68,6	9,7	58,9
D. — dans le sable avec eau	80,3	11,3	69,0
E. — dans le sable avec solution ammoniacale	88,9	18,9	70,0
F. Graines dans le sable avec solution nitrique	82,1	9,3	72,8

Comme nous le faisions pressentir plus haut, ces résultats n'ont pas la netteté de ceux que nous avons obtenus avec les feuilles. Ainsi, pour s'en convaincre, il suffit de comparer la teneur en azote organique de l'échantillon original, de A et de D. Dans A et C, on serait tenté de voir une diminution de l'azote organique avec transformation partielle en ammoniaque. Cette expérience demande à être répétée et c'est ce que nous ferons prochainement. En attendant, nous croyons pouvoir conclure qu'il n'y a pas eu dans l'expérience X assimilation de l'azote ammoniacal ni de l'azote nitrique.

Les résultats de Kinoshita s'expliquent soit par des accidents analogues à celui que nous venons de signaler, soit, ce qui est plus probable, par le développement de moisissures sur les graines mises en culture. Lorsque ces champignons apparaissent sur une matière organique imbibée d'une solution nitrique et surtout ammoniacale, il faut s'attendre à ce qu'ils assimilent de l'azote de ces combinaisons. Nous avons eu l'occasion d'en avoir la preuve dans un essai fait à l'obscurité avec des tiges étiolées de pommes de terre.

Le témoin renfermait au début de l'expérience $32^{mgr},9$ d'azote organique. Quatre jours plus tard, un lot de même poids, plongé dans la solution ammoniacale (température, 20 à 25°), renfermait $54^{mgr},4$ d'azote organique ; un autre lot, plongé en même temps

dans la solution nitrique, a donné à l'analyse $67^{mgr},7$ d'azote organique. On n'avait pas renouvelé les solutions et de nombreux filaments mycéliens avaient envahi les tiges, déjà souffrantes au début de l'expérience.

Conclusions.

1° *Chez les plantes supérieures, l'assimilation des nitrates n'a pas lieu à l'obscurité ; elle exige l'intervention des rayons ultra-violets.*

2° *Pour les sels ammoniacaux, l'influence des mêmes rayons est sûrement prédominante ; il se peut cependant que les rayons lumineux provoquent une faible assimilation de l'ammoniaque dans les feuilles blanches.*

3° *L'intervention de la chlorophylle n'est pas nécessaire; les feuilles blanches assimilent même mieux l'azote ammoniacal que les feuilles vertes.*

4° *L'assimilation de l'azote nitrique donne lieu à une production intérimaire d'ammoniaque.*

Ce travail met une fois de plus en relief le rôle dévolu à la radiation solaire dans l'économie de la nature : elle ne donne pas seulement aux plantes supérieures l'énergie nécessaire à la synthèse des matières hydrocarbonées ; elle est aussi indispensable à la production, par ces végétaux, des substances albuminoïdes, ces éléments fondamentaux de la matière vivante.

LES GISEMENTS

DE PHOSPHATES DE CHAUX

D'ALGÉRIE

Par L. GRANDEAU

I

La Société des ingénieurs civils de France a publié, dans son Bulletin du mois d'août dernier, un important mémoire de l'un de ses membres, M. L. Chateau, sur *les gisements de phosphates de chaux* dans les provinces de Constantine et d'Alger. Cette monographie, la plus complète qui ait paru jusqu'ici sur ce sujet, doit attirer l'attention des agriculteurs, des économistes et des pouvoirs publics de France et d'Algérie. L'auteur, en effet, ne nous apporte pas seulement le résultat de ses études techniques sur la nature géologique des gisements, leur étendue, leur richesse et leur exploitation ; il aborde, en s'appuyant sur les documents et les chiffres puisés aux sources les plus sûres, l'examen des graves questions soulevées par la découverte de ces immenses dépôts d'une matière première qui est à l'agriculture ce que la houille est à l'industrie. Il est de toute urgence, comme nous le verrons plus loin, que le Parlement donne une solution à la question légale de l'exploitation des phosphates d'Algérie. Le *statu quo* en se prolongeant paralyse toutes les entreprises que notre colonie d'abord, notre commerce et notre agriculture ensuite, ont un intérêt de premier ordre à voir aboutir sous l'empire d'une législation libérale.

Depuis le mois d'octobre 1895, c'est-à-dire depuis plus de deux ans, les Chambres sont saisies d'un projet de loi qui, il faut l'espérer, dans l'intérêt de l'Algérie aussi bien que dans celui de l'industrie et de l'agriculture françaises, devra subir de profondes modifications; il faut enfin que ce projet arrive en discussion au Parlement si l'on ne veut pas tarir pour longtemps et irrémédiablement peut-être une source féconde au premier chef en bienfaits pour la colonie et pour la métropole.

Il ne m'est pas possible dans cette revue, cela va de soi, de présenter une analyse tant soit peu complète du travail, considérable à tous égards, de M. L. Chateau; mais j'atteindrai le but que je me propose si l'aperçu que je vais tenter d'en donner provoque à le lire et à le méditer ceux qui auront à se prononcer bientôt sur la solution à apporter à cette question quasi vitale, pour l'avenir de l'une de nos industries les plus considérables, et si importante pour l'agriculture de la France et de l'Algérie.

Laissant de côté la partie descriptive et technique où l'auteur étudie en détail, avec une entière compétence, les gisements des provinces de Constantine et d'Alger, exposé dont l'intelligence nécessite, d'ailleurs, la consultation des excellentes cartes qui accompagnent le texte, je m'attacherai à résumer les constatations indispensables pour donner une idée précise de l'importance économique et agricole de la question.

La découverte des gîtes de phosphates sédimentaires, due à un vétérinaire militaire, M. Philippe Thomas, remonte à peine à vingt-cinq ans. En 1873, ce géologue distingué a découvert l'existence d'une zone phosphatée dans la vallée du Chélif, près de Boghar. Mais c'est en 1888 seulement qu'il a fait connaître ces gisements dans une note adressée à l'Académie des sciences. Poursuivant, en 1885, ses explorations dans le sud de la Tunisie, M. Thomas découvre les fameux gisements de Gafsa. C'est encore lui qui signale, peu après, le gîte très important du Guélaat-ès-Snam, sur la frontière de Tunisie, continuation du plateau du Dyr, près de Tebessa. MM. Ficheur, Jacob, Blayac, de leur côté, firent ensuite connaître de nombreux gîtes dans les provinces d'Alger et de Constantine; enfin, pendant les années 1895 et 1896, M. L. Chateau, dans son voyage

d'exploration et d'études, en a également découvert quelques autres.

Tous ces gisements appartiennent à l'étage géologique désigné sous le nom de Suessonien (Eocène de l'âge tertiaire).

Présentement, il existe trois centres d'extraction : un dans le djebel Kouif, exploité par la Compagnie anglaise fondée par M. Jacobsen; deux dans le djebel Dyr, exploités, l'un par une autre société anglaise (Crookston frères, de Glasgow), l'autre par une compagnie française, à Aïn-Kissa.

Les phosphates de ces gisements sont riches : 70 à 73 p. 100 de phosphate pur, associé à 10 à 13 p. 100 de calcaire. Les minerais algériens, pris dans leur ensemble, ont des teneurs en phosphate pur variant de 55 à 73 p. 100 et une teneur en calcaire allant de de 10 à 40 p. 100; leur teneur en alumine et en fer est faible, ce qui les rend très propres à être transformés en superphosphates.

J'aurai occasion de revenir plus loin sur l'inégale richesse des minerais en phosphate pur, condition dont il est essentiel de tenir grand compte dans la législation à venir pour en réglementer l'exploitation.

La longue description que M. Chateau fait des gisements algériens déjà connus[1] montre combien ils sont abondants, et il n'est pas douteux, ainsi qu'il le fait observer, que le travail de découvertes, entravé par la législation actuelle qui n'encourage pas l'initiative privée, est loin d'être terminé.

Tous les gisements ne sont pas exploitables, et il est bien difficile, à l'observateur le plus attentif, de faire une évaluation, même approximative, des quantités de phosphates disponibles. M. L. Chateau compte actuellement dans la province de Constantine 17 gîtes exploitables, géologiquement parlant, et il estime qu'on peut porter de 150 à 200 000 000 de tonnes de phosphate, titrant de 50 à 70 p. 100, la puissance de l'ensemble de ces gisements; cette quantité de phosphate, pour le dire en passant, correspondrait à la consommation actuelle de la France pendant quatre siècles environ.

1. Les géologues et les chimistes liront avec un grand intérêt cette partie du mémoire que je passe forcément sous silence.



Mais il ne suffit pas qu'un gîte de phosphate soit exploitable, géologiquement parlant. Pour qu'il le soit industriellement, il faut que la richesse du minerai d'une part, les facilités d'exploitation et de transport de l'autre satisfassent, à des conditions dont dépendent absolument les résultats d'une entreprise industrielle. M. Chateau estime que les gisements de phosphates riches, nécessitant pour leur mise en œuvre des raccordements de voies ferrées n'excédant pas 25 kilomètres, pourraient ensemble produire annuellement, lorsqu'ils seront en pleine exploitation, un tonnage de 1 200 000 à 1 500 000 tonnes, chiffre qui correspond actuellement à peu près à la consommation en phosphate de l'Europe entière. Cette production laisserait encore une réserve de minerai pour de longues années.

Les chemins de fer actuellement existant en Algérie ne sont pas en état d'effectuer le transport de ce gros tonnage. Il y a donc lieu de prévoir, de ce chef, des améliorations indispensables dont nous parlerons plus tard.

L'exploitation des phosphates algériens exige pour la mise en œuvre des gisements et la construction d'embranchements de voies ferrées, le concours de capitaux très importants, fait dont il faut tenir grand compte dans le régime légal à appliquer aux exploitants.

M. Chateau aborde, dans ses détails, la question du prix de revient des phosphates, qu'il arrive à fixer, tous frais compris, pour le minerai rendu dans un port d'Europe, entre 30 et 32 fr. la tonne. Ce prix de revient, M. L. Chateau le base sur une exploitation marchant dans de bonnes conditions, c'est-à-dire disposant d'un minerai abondant, relativement facile à extraire, dont la concession a pu être obtenue à un prix peu élevé[1], pas trop éloigné de la voie ferrée et faisant son broyage au port d'embarquement, afin d'éviter d'amener sur les chantiers du combustible dont les tarifs de transport sont d'un prix inabordable sur les lignes algériennes. M. Chateau suppose enfin que la compagnie exploitante possède au port d'embarquement un magasin relié à la voie ferrée et que, sans de grosses manutentions, elle pourra charger directement ses minerais à l'aide

1. Redevance de 1 fr. par tonne.

d'un treuil sur le navire. J'insiste sur ces détails parce que le prix de revient occupe dans l'industrie des phosphates une importance primordiale que j'aurai bientôt l'occasion de mettre en lumière.

L'exploitation des phosphates d'Algérie, par suite de l'incertitude où sont restés longtemps les exploitants, n'a pas pris l'essor sur lequel les compagnies existantes pensaient pouvoir compter avec leur outillage perfectionné. Malgré cela, l'exportation a progressé très rapidement : les expéditions du rayon de Tebessa par le port de Bône, de 6 000 tonnes, en 1893, se sont élevées à 158 000 tonnes en 1896, se répartissant, comme suit, entre les trois compagnies :

Société française (Aïn-Kissa)	23 600 tonnes.
Société Crokston (le Dyr)	49 000 —
Société Jacobsen (le Kouif)	85 500 —
Total	158 100 —

On pense atteindre cette année un tonnage de 160 à 170 000 tonnes qui ne pourra guère être dépassé, la Compagnie de Bône-Guelma n'étant pas en mesure de transporter plus de 180 000 tonnes.

A eux seuls, quatre pays ont absorbé plus de 80 p. 100 de la production de l'année 1896. Les phosphates expédiés se sont ainsi répartis :

Angleterre	53 800 tonnes.
France	36 600 —
Italie	20 500 —
Allemagne	17 300 —

Pour se rendre compte des conditions économiques où se trouvent les exploitants de phosphates en Algérie, il est nécessaire d'analyser la situation du commerce et l'état du marché des phosphates dans le monde. M. L. Chateau a résumé, avec beaucoup de clarté, les principaux éléments de cette question si complexe. Nous allons, à son aide, tâcher d'en présenter succinctement une vue d'ensemble.

La consommation du phosphate en agriculture a doublé depuis dix ans et mes lecteurs savent qu'elle est loin, malgré cela, de répondre aux besoins du sol. Des fluctuations énormes dans les prix ont marqué cette période décennale ; nous y insisterons plus loin.

Comment se répartit la production du superphospate en Europe ?

Quelle origine ont les phosphates qui servent à la fabrication du précieux engrais? Quelle est l'importance relative des importations et des exportations? Tels sont les points qu'il importe de préciser et dont le législateur doit se pénétrer dans l'élaboration du régime légal à introduire en Algérie.

En 1895, la production du superphosphate, en Europe, a été évaluée comme suit par les personnes les plus autorisées :

Allemagne	800 000	tonnes.
France.	750 000	—
Royaume-Uni	750 000	—
Belgique	300 000	—
Italie	150 000	—
États scandinaves	35 000	—
Autriche	65 000	—
Pays-Bas.	30 900	—
Autres pays.	30 000	—
Total	2 910 000	—

Soit, en nombre rond, *trois millions* de tonnes. La quantité de phosphate nécessaire pour cette énorme production peut être estimée à 1 500 000 tonnes.

En 1895, on en a importé ou extrait, en Europe, environ 1 400 000 tonnes ainsi réparties :

Floride.	425 000	tonnes.
Caroline	125 385	—
France.	375 000	—
Belgique	300 000	—
Algérie.	136 000	—
Norvège, Canada, etc	30 000	—
Total	1 391 895	—

Les stocks anciens ont donc dû concourir, en 1895, à la fabrication du superphosphate pour un poids d'environ 150 000 tonnes.

Les quatre grandes sources de phosphates dans le monde[1] sont, d'après cela, les États-Unis ; la France, avec le bassin de la Somme;

1. Non compris les phosphates russes qui commencent à être exploités, mais ne sont pas encore l'objet d'une exportation de quelque importance.

la Belgique, avec les bassins de Mons et de Liège ; la Tunisie et l'Algérie.

Personne n'ignore, comme le fait observer M. L. Chateau, que les gisements français de la Somme, qui ont pendant longtemps alimenté, avec les phosphates belges, le marché des engrais, sont, quoi qu'on en dise, fortement amoindris et en voie d'être bientôt épuisés. En Belgique, les bassins de Mons et de Liège sont dans une situation encore plus avancée peut-être, étant donné en outre que les produits des environs de Liège sont d'un titre peu élevé et ne peuvent circuler au loin. Les deux sources de phosphate qui sont appelées à dominer désormais sont donc les gisements des États-Unis, d'une part, et ceux d'Algérie et de Tunisie, d'autre part. Le mouvement des importations et des exportations de phosphates naturels en France, depuis 1889, confirme ces appréciations ; il montre qu'après avoir été, jusqu'en 1894, exportateurs de phosphates bruts, nous sommes depuis cette époque importateurs : l'exédent des exportations sur les importations, qui était, en 1889, de 145 000 tonnes, est tombé à 29 000 tonnes en 1894, et aujourd'hui, la France importe annuellement 60 à 70 000 tonnes. Ainsi, au fur et à mesure de l'épuisement des gisements de la Somme, l'excédent de nos exportations sur nos importations a rapidement décliné et ce sont aujourd'hui les phosphates étrangers qui pénètrent comme matière première dans nos usines.

Cet état de choses ne semble pas du reste avoir beaucoup influé sur le mouvement des produits fabriqués livrés à l'agriculture. Si nous nous reportons, en effet, à la statistique générale des douanes, voici cè que nous constatons : en 1890, nos importations en superphosphates étaient de 99 440 tonnes, et nos exportations de 27 327 tonnes ; l'excédent des premières sur les secondes était donc de 72 119 tonnes. En 1896, nous importions 124 115 tonnes et nous exportions 43 951 tonnes. L'excédent des importations sur les exportations s'élevaient à 81 164 tonnes : il n'a donc varié, de 1890 à 1896, que de moins de 10 000 tonnes : c'est la Belgique qui fournit les 9/10[es] de notre importation en superphosphate.

Pour pouvoir apprécier l'importance capitale qui s'attache pour la France, autant que pour notre colonie, à la solution libérale que

l'exploitation des phosphates d'Algérie doit recevoir du Parlement, il est indispensable de se faire une idée précise du développement, dans l'extraction et dans les expéditions, des redoutables concurrents que rencontrent aux États-Unis nos gisements algériens. Nous verrons, en serrant de près la question, que l'Algérie est merveilleusement placée pour prendre en Europe, dans cette branche d'industrie, une place prépondérante, si les mesures administratives viennent donner aux capitaux la confiance que peut seule inspirer une législation libérale, assurant aux entreprises une stabilité incompatible avec le projet de loi de 1895, comme il nous sera aisé de le démontrer.

II

L'agriculture européenne consomme actuellement, par année, 3 000 000 de tonnes de superphosphate nécessitant, pour leur fabrication, environ moitié de ce poids de phosphates bruts. Dans ces dernières années, ces 1 500 000 tonnes de matières premières ont été fournies à peu près exclusivement par les gisements de cinq pays, dans les proportions suivantes :

Floride et Caroline	40	p. 100.
France	27	—
Belgique	21	—
Algérie	10	—
Norvège, Canada, etc.	2	—
Total	100	—

Bien que la part de la France et de l'Algérie réunies soit presque égale à celle des États-Unis, dans l'approvisionnement de l'Europe en phosphates bruts, on se tromperait grandement en admettant qu'il doive en être ainsi longtemps encore, si une législation libérale et protectrice des véritables intérêts des producteurs et des consommateurs de phosphates algériens ne vient pas promptement donner à l'exploitation des gisements de notre colonie l'essor trop longtemps retardé par l'incohérence des agissements administratifs

et les difficultés de tout genre auxquelles ont été en butte les premiers exploitants.

La question qui se pose à propos de la législation relative à l'exploitation des phosphates est de la plus haute gravité pour l'avenir de l'Algérie autant que pour celui de l'industrie et de l'agriculture françaises. On ne saurait donc l'envisager avec trop d'attention pendant qu'il en est temps encore, c'est-à-dire avant la discussion du projet de loi déposé depuis bientôt deux ans au Parlement (janvier 1896).

Il ne s'agit rien moins, en effet, que de décider si une loi libérale, encourageant l'initiative privée, offrant aux capitaux très considérables qu'exige l'industrie des phosphates une stabilité indispensable à toute grande entreprise, viendra permettre aux phosphates algériens de prendre sur les marchés français et européens la place qui peut et doit leur appartenir.

Le projet de loi du 18 janvier 1896, s'il était voté sans les modifications capitales que j'indiquerai tout à l'heure, aurait pour résultat inévitable, bien qu'allant à l'encontre des intentions de ses auteurs, cela va sans dire, d'augmenter, de plus en plus, l'exportation des phosphates américains vers l'Europe et d'assurer aux gisements des États-Unis l'approvisionnement presque exclusif des fabriques de superphosphates du continent. Le jour, plus proche peut-être qu'on ne semble le croire dans certains milieux, où les gisements riches de France et de Belgique seront épuisés, il serait bien à craindre, suivant l'expression de M. L. Chateau, que, si le projet déposé était promulgué dans son ensemble, l'exploitation industrielle des phosphates en Algérie ait vécu et que ces beaux gisements, uniques au monde, deviennent une simple curiosité scientifique.

Sur quelles bases solides repose cette assertion ? Dans quel esprit doit, suivant nous, être conçue la législation sur les phosphates d'Algérie si impatiemment attendue du monde commercial et agricole ? C'est ce que je demande à mes lecteurs la permission d'exposer aussi nettement qu'il me sera possible de le faire.

L'ensemble des documents et des chiffres que M. L. Chateau a réunis avec tant de soin dans son intéressant travail, va nous permettre d'abord de bien préciser les conditions de la redoutable con-

currence que les gîtes algériens rencontrent dans le développement des exploitations de la Floride.

Quelques chiffres suffisent pour donner une idée de la rapidité des progrès accomplis en moins de six années dans l'extension et l'exportation des phosphates américains. A eux seuls les gisements de la Floride ont donné lieu aux exportations suivantes :

En 1890.	26 688 tonnes.
En 1894.	522 120 —
En 1896.	498 258 —

D'après les relevés statistiques de l'*American Fertiliser,* la production totale des gisements de la Floride, de la Caroline et du Tennessee a été en 1896 de 854 454 tonnes ; la consommation locale, de 347 823 tonnes et l'exportation de 477 431 tonnes.

De 522 000 tonnes qu'elle était, en 1894, l'exportation de la Floride est tombée un peu au-dessous de 500 000 tonnes en 1895 et 1896 ; cette diminution de 25 000 tonnes a été causée par la débâcle qui s'est produite en Europe dans les cours de vente du phosphate, à la nouvelle de la découverte des gisements d'Algérie. En 1895 et en 1896, un certain nombre d'exploitants américains ont même suspendu leurs travaux, quand cette situation est venue se compliquer de la hausse du fret. Malgré cela, la statistique des arrivages de Floride montre qu'ils ont encore eu lieu couramment en 1896, non seulement dans nos ports de l'Océan, comme Bordeaux, la Pallice, Nantes, mais que les ports de la Méditerranée, qui devraient être déjà les clients exclusifs des phosphates algériens (Gênes, Venise, Barcelone et Saint-Louis-du-Rhône), ont reçu des arrivages très importants de minerais américains, bien que l'Algérie fût en mesure de servir cette clientèle, en 1896.

A quoi tient-il que les ports européens, même les plus voisins des gisements algériens, soient approvisionnés par les phosphates de la Floride ? Quels sont les principaux motifs qui permettent à la Floride de lutter avec les gisements algériens sur le marché européen ? La situation peut-elle se modifier et comment ? Tels sont les points qu'il importe d'examiner d'autant plus attentivement que les faits révélés par cet examen devront être pris en très grande considé-

ration dans la confection de la législation sur les phosphates algériens.

La première constatation de fait est la différence sensible de richesse en phosphate pur des minerais de la Floride et de l'Algérie. J'ai dit précédemment que la teneur en phosphate des minerais algériens oscille entre 55 et 73 p. 100 : celle des minerais de Floride varie de 75 à 85 p. 100. Il faut donc, d'une part, que l'abaissement du prix de revient des phosphates d'Algérie pouvant servir à la fabrication des superphosphates, c'est-à-dire d'une richessse moyenne de 67 à 68 p. 100 et, de l'autre, la différence du fret amènent nos phosphates algériens dans les ports européens à un prix au moins égal, sinon inférieur, à celui des phosphates des États-Unis. Examinons tout de suite, avec M. L. Chateau, la question du fret. Présentement, par suite de la situation économique des États-Unis, les importations d'Europe en Amérique ont fortement diminué; les navires, en retour, sont naturellement devenus beaucoup plus rares et les prix du fret pour le continent ont subi une notable augmentation. Les dix-huit vapeurs expédiés en 1896, de Floride sur Stettin, ont eu un fret moyen de 21 fr. 45 c. par tonne. Les dix vapeurs expédiés de Bône sur Stettin ont payé un fret moyen de 11 fr. 25 c. Si nous admettons avec M. L. Chateau que les expéditions de Floride avaient un titre moyen de 80 p. 100, on voit que le fret représentait, par unité de phosphate et par tonne, environ 27 centimes, tandis que les phosphates algériens qui titraient autour de 67 p. 100 avaient, par unité de phosphate et par tonne, un prix de fret de 17 centimes environ. D'une façon générale, en Baltique et dans tous les ports de l'Europe du Nord, l'Algérie a donc un avantage de 10 centimes par unité de phosphate et par tonne, sur les prix de transport de Floride. Cette différence permet à ses minerais de s'introduire dans des usines où, en général, on préfère traiter les phosphates plus riches de Floride; elle s'accentue naturellement en Méditerranée. Mais il ne faut pas perdre de vue que si, dans quelques années, la politique économique des États-Unis subissait une nouvelle évolution, le prix du fret en retour d'Amérique baisserait forcément et que la différence au profit de l'Algérie pourrait s'atténuer et même disparaître.

La conclusion à tirer de cette situation nous paraît évidente : si

important que soit l'élément fret dans l'industrie des phosphates, comme ses variations échappent absolument à notre action, c'est sur l'organisation et le fonctionnement des exploitations de phosphates que doivent se concentrer les efforts, afin de réduire à son minimum possible le prix de revient. C'est à aider l'initiative privée sous le triple rapport de la découverte, de la prise de possession, de l'exploitation commerciale des gisements, que doit viser la future législation sur les phosphates algériens. A cet égard, les États-Unis nous offrent des exemples qui ne devraient pas être perdus pour nous. On ne saurait douter, pour peu qu'on ait étudié le développement de l'industrie phosphatière aux États-Unis, que les gisements algériens eussent, depuis des années déjà, pris dans le commerce des phosphates la place qui leur revient par leur abondance et par leur richesse, si l'on eût appliqué dès l'origine à leur exploitation la législation libérale et l'esprit pratique que nos concurrents du nouveau monde ont mis au service de cette grande industrie, au progrès de laquelle est lié en grande partie l'avenir de l'agriculture continentale.

Si, depuis l'époque déjà lointaine (1884-1888) où, avec le désintéressement du vrai savant, M. Ph. Thomas a signalé à l'attention publique, au fur et à mesure de ses découvertes, les riches gisements phosphatés d'Algérie et de Tunisie, à laquelle son nom demeurera attaché, si, dis-je, encouragés et stimulés par les pouvoirs publics, les capitaux et l'activité d'industriels français s'étaient depuis douze ans portés de ce coté, l'Algérie aurait conquis dans le commerce des phosphates la place qu'il lui faut aujourd'hui disputer à l'Amérique. Mais il est temps encore de remettre les choses en état; cela se peut, à la condition qu'au lieu d'aggraver par le vote du projet de loi du 18 janvier 1896 les dispositions du décret de 1895, si peu favorable déjà à l'essor de l'industrie phosphatière en Algérie, le Parlement, s'inspirant des mesures libérales de la législation américaine, assure à l'initiative privée la stabilité de ses entreprises et favorise les débouchés au lieu de les restreindre, comme à plaisir.

Ce n'est pas en limitant à dix ans le contrat par l'adjudication qui assurera le droit d'exploitation d'un gisement à une compagnie industrielle et en grevant de 2 fr. par tonne les minerais expor-

tables à l'étranger, qu'on engagera les capitaux considérables que nécessitent ces entreprises à se porter vers la colonie. J'insisterai plus loin sur ces deux points que je me borne à signaler : de leur rejet ou de leur adoption dépend entièrement l'avenir de l'industrie phosphatière en Algérie : voilà ce qu'on ne saurait trop affirmer. Pour que cette industrie prenne le développement quasi illimité qu'elle peut atteindre, il faut, d'une part, qu'elle arrive à abaisser, par tous les moyens pratiques, le prix de revient du phosphate industriel livrable dans un des ports d'Algérie ; cet abaissement implique, avec l'extraction de la masse la plus considérable possible de phosphate riche, la vente directe à l'agriculture du phosphate de titre moyen. Or, ces deux conditions essentielles ne peuvent être remplies qu'au prix d'installations coûteuses, de constructions de lignes de chemins de fer reliant les centres d'extraction aux ports d'embarquement etc., etc. Il faut enfin que les minerais à livrer à l'industrie du superphosphate en Angleterre, en Italie, en Allemagne, pays de grande consommation où n'existent pas de gisements de phosphate, ne soient pas grevés à leur sortie d'Algérie d'un droit de 2 fr. par tonne, comme le propose le projet de loi, soit de près de 10 p. 100 du prix de revient du phosphate dans un port algérien.

Je dis que nous avons profit à faire de ce qui se passe aux États-Unis, en ce qui regarde l'action des pouvoirs publics et l'organisation de cette grande industrie. Les Américains sont, comme on le sait, des industriels avant tout pratiques. Sans avoir recours à l'État, par la seule puissance de l'initiative privée qui, à vrai dire, n'est pas entravée, chez eux, par l'administration, ils ont créé un outillage des plus perfectionnés pour la mise en exploitation de leurs gisements. Ils ont successivement établi cinq ports nouveaux. Ils les ont reliés à leurs gisements par de nombreuses lignes de chemins de fer qui, non exploitées administrativement comme en France, mais avant tout, *commercialement,* transportent le minerai à bas prix. Dans les exploitations, ils ont concentré tous leurs efforts sur l'abaissement du prix de revient ; ils ont amélioré leurs procédés d'abatage et de broyage, en généralisant l'emploi de machines, en utilisant le travail à l'excavateur, etc.

De son côté, à l'encontre de ce qui se passerait en Algérie avec la

loi en projet, l'État américain encourage énergiquement l'extraction des phosphates aux États-Unis ; l'acte du 11 juin 1891 qui règle, en Floride, la législation de cette industrie, est très libéral. Il en est de même dans la Caroline du Sud, ainsi que le prouvent les faits suivants. Dans cet État, les minerais, quoique de très bonne qualité, sont sensiblement plus pauvres que ceux d'Algérie : ils ne dosent que de 57 à 61 p. 100 de phosphate. Les redevances payées à l'État par les exploitants des terrains domaniaux s'élevaient, en 1890, à près d'un million de francs (240 000 dollars). Dès 1893, à la suite de la baisse provoquée par le commencement d'exploitation des gisements d'Algérie, presque toutes les compagnies exploitantes de la Caroline fermèrent leurs chantiers d'extraction. M. Jones, inspecteur des phosphates de la Caroline du Sud, démontra, dans un rapport au gouvernement, que le produit des redevances avait passé de 240 000 dollars à 60 000. La redevance à l'État, qui était primitivement de 1 dollar par tonne, déjà réduite à 50 cents, fut abaissée à 25 cents, à la suite du rapport de M. Jones. Jusqu'en 1893, la Caroline du Sud exportait en Europe de 125 000 à 160 000 tonnes de phosphate, par année ; cette exportation ne dépasse pas 80 000 tonnes aujourd'hui. La richesse de nos minerais d'Algérie, supérieure de sept à huit pour cent à celle des minerais de la Caroline, peut donc leur permettre de prendre la place de ces derniers sur le marché européen.

La fabrication du superphosphate en France, se répartissant à peu près comme suit :

Région du Nord	190 000 tonnes.
Paris et région du Centre	320 000 —
Sud et Sud-Ouest	240 000 —

le marché du Sud et du Sud-Ouest, tout au moins, devrait appartenir au phosphate d'Algérie. De plus, le commerce des engrais prend en Italie une certaine ampleur. C'est l'Algérie encore qui devrait alimenter les ports de Gênes, de Venise, et, pour l'Autriche, ceux de Trieste et de Fiume.

Je suis convaincu, avec M. Chateau, que, si l'on n'entrave pas l'essor de son industrie, l'Algérie arrivera à prendre dans tous ces pays

une situation importante pour la vente de ses phosphates. Petit à petit, ses minerais doivent conquérir, dans le bassin de la Méditerranée, une sorte de monopole et se partager, avec les phosphates de la Floride, les demandes des fabricants du nord de l'Europe. Mais, pour cela, il faut résolument seconder l'initiative privée et substituer une loi libérale au décret du 12 octobre 1895.

Il me reste à présenter à ce sujet les observations que suggère la lecture attentive du projet de loi soumis en ce moment à l'examen et aux délibérations du Parlement et les modifications à lui faire subir dans l'intérêt de l'agriculture et de l'industrie de l'Algérie et de la France.

III

L'examen que nous avons fait de la remarquable étude de M. Chateau sur les phosphates d'Algérie a mis en évidence l'importance des gisements sous le double rapport de leur étendue et de leur richesse. Nous avons vu que ces gisements n'ont de comparables dans le monde que ceux de la Floride et nous sommes amenés à conclure à la possibilité, pour notre colonie, de concurrencer sur le marché européen les phosphates américains, au grand profit de l'Algérie, de l'industrie et de l'agriculture françaises. A quelles conditions cette possibilité peut-elle devenir une réalité? C'est le point essentiel qui reste à examiner.

La solution favorable de la question des phosphates algériens est tout entière entre les mains du Parlement. De la législation qui sortira de ses délibérations dépend, on peut dire absolument, l'avenir d'une industrie au sort de laquelle est étroitement liée la prospérité de notre colonie. On ne saurait trop mettre en lumière, pendan qu'il en est temps encore, l'évidence de cette vérité pour quiconque a fait de la question une étude approfondie.

Si le Parlement, abrogeant le décret du 12 octobre 1895, vote, sans la modifier radicalement, la loi dont le projet lui a été soumis le 18 janvier 1896, c'en est fait pour longtemps, et pour toujours peut-être, du développement de l'exploitation naissante des gise-

ments d'Algérie. Que les Chambres, au contraire, s'inspirant des nécessités de l'industrie, adoptent une législation libérale, aidant l'initiative privée au lieu de l'entraver, et donnent aux entreprises des garanties de stabilité indispensables à leur succès, la colonie prendra bientôt dans le commerce des phosphates la place que lui assignent ses richesses souterraines.

Je n'ai point la prétention d'opposer au projet de loi de 1896 une rédaction nouvelle; je laisserai ce soin aux membres du Parlement que j'aurais la bonne fortune d'amener à la conviction que le projet de 1896 est néfaste, son adoption équivalant à la condamnation anticipée de tout développement de l'industrie phosphatière en Algérie. Je bornerai donc l'examen critique du décret de 1895 et du projet de loi de 1896 aux points qui en indiquent l'esprit, en résument l'économie et dont l'adoption, à l'encontre des vues du législateur, tuerait dans l'œuf la poule aux œufs d'or.

La première remarque que suggère la lecture de ces documents est, comme l'a très justement fait observer M. l'ingénieur Chateau, que les commissions composées de fonctionnaires, qui ont préparé les projets de loi, semblent surtout avoir recherché l'intérêt de l'État, sans tenir compte des besoins industriels et des nécessités commerciales, et sans paraître se douter qu'une loi libérale peut seule permettre aux phosphatiers de soutenir la concurrence étrangère et de développer leur industrie, sans se ruiner.

Les rédacteurs du projet ignoraient, sans doute, totalement les conditions économiques du marché des phosphates; ils se sont figuré que cette industrie devait donner des bénéfices considérables, et ils ont tâché de faire profiter le Trésor de ces gains imaginaires.

Les vices fondamentaux du projet de loi résultant des illusions de ses auteurs se résument à trois principaux :

1° L'adjudication comme seul moyen pour l'industrie d'acquérir le droit d'exploitation;

2° La limitation de la durée de l'amodiation par la voie d'adjudication;

3° La fixation, en dehors de la redevance qui fait l'objet de l'adjudication, d'un droit d'extraction de 2 fr. par tonne de phosphate expédiée ailleurs que dans la métropole.

Pour faire saisir combien ces dispositions du projet de loi sont graves et contraires au développement de l'industrie des phosphates en Algérie, il nous faut dire quelques mots de la loi du 21 avril 1810, concernant les mines, minières et carièrres, et du décret de 1895 qu'abrogerait la loi *en projet depuis deux ans.*

La loi de 1810, promulguée à une époque où l'existence des gisements de phosphates était complètement inconnue, range en trois catégories « les masses de substances minérales ou fossiles renfermées dans le sein de la terre ou existant à la surface ». Tous les minerais métalliques, y compris le fer, en filons, couches ou amas, ainsi que la houille, l'alun et le sulfate d'alumine sont classés sous la rubrique mines. Les minerais de fer, les terres pyriteuses ou alumineuses et la tourbe forment une deuxième catégorie sous le nom de minières. Enfin, sont dénommés carrières les gisements de pierre à bâtir, pierre à plâtre, sable, kaolin, etc., etc. Le sel gemme, oublié par le législateur de 1810, a été classé dans les mines par la loi du 17 juin 1840.

La différence essentielle des mines, minières et carrières au point de vue de l'exploitant, réside en ceci : les mines et les minières, exploitées seulement par travaux souterrains, sont *concessibles,* c'est-à-dire deviennent la propriété perpétuelle de l'individu ou de la société en faveur desquels la concession a été accordée par l'État. Si l'inventeur d'une mine n'en obtient pas la concession, il lui est dû par le concessionnaire une indemnité fixée par l'acte de concession. L'exploitation d'une carrière à ciel ouvert ou en galeries souterraines ne donne lieu à aucune concession, elle peut se faire sans autorisation préalable : le propriétaire du terrain dans lequel se trouve une carrière peut disposer de celle-ci à son gré, le vendre, l'affermer, le louer, etc., sans aucune intervention étrangère.

Le droit pour celui qui découvre un gisement classé dans la première catégorie d'obtenir la concession de ce gisement ou, tout au moins, de recevoir une indemnité du concessionnaire, est un stimulant incontestable pour la recherche des gîtes métalliques ; il n'est, en tout cas, qu'une juste rémunération du savoir de l'inventeur et des sacrifices qu'il s'est imposés. En France, contrairement à l'équité et à la logique, il faut bien le dire, les gisements de phosphates en

masse ont été rangés dans les carrières et l'on s'est obstiné jusqu'ici à les maintenir dans cette catégorie. Leur inventeur n'a aucun droit à leur exploitation, aucune rémunération de ses peines à attendre. L'occasion s'offre, par la découverte des gisements d'Algérie, de réparer cette double erreur; pourquoi ne la saisirait-on pas? Je n'ai pas rencontré jusqu'ici, de la part des hommes compétents, une seule objection sérieuse à cette addition à la loi de 1810.

Le phosphate de chaux est, ce semble, un minerai aussi précieux, sinon plus, que l'alun ou le sulfate d'alumine, sels métalliques auxquels on peut l'assimiler au point de vue légal: il y a pour le rendre concessible, condition qui soumet son exploitation à une surveillance destinée à empêcher le gaspillage peu redoutable pour la pierre à bâtir ou le sable, tout autant de raisons qu'on en peut invoquer pour le sel ou pour l'alun. Le gouvernement tunisien, en adoptant le système de la concession pour les immenses gisements de Gafsa, a donné un exemple dont l'Algérie devrait profiter.

Objecterait-on que les gisements de phosphates se rencontrent en Algérie dans des territoires divers au point de vue de la constitution de la propriété: terrains domaniaux, terrains de droit français, terrains melk, terrains arch? Le principe de l'indemnité prévue par la loi de 1810, en faveur des propriétaires du sol dont le tréfond renferme des mines ne suffit-il pas à dédommager l'État, les communes, les douars ou les particuliers du dommage que pourraient leur causer les exploitations et même à les faire participer, sous une forme à étudier, aux bénéfices de cette exploitation?

Si, laissant de côté cette grave question de la concessibilité des phosphates à laquelle on ne saurait trop accorder d'attention, nous revenons au projet de loi, voici ce que nous constatons: les gisements de phosphates algériens ne seraient classés ni dans la catégorie des mines, comme en Tunisie, ni dans celle des carrières comme en France. Le propriétaire des terrains dans lesquels ils se trouvent ne peut pas les exploiter, qu'il les ait découverts ou qu'un autre en ait signalé l'existence. On a créé pour ces gisements une catégorie, un régime de *carrières spéciales* pour emprunter le langage de l'exposé des motifs de la loi de 1896.

Quel est ce régime? le voici en deux mots: l'État se réserve le droit exclusif d'accorder des concessions par voies d'adjudication sur les terrains domaniaux, communaux ou indigènes, de droit collectif ou privé. Le décret de 1895 respectait les droits tréfonciers des propriétaires français en Algérie; il récompensait l'inventeur du gisement en lui accordant le droit d'exploiter sans payer de redevance; le projet de loi de 1896 fait disparaître ces deux dispositions libérales. Bien mieux, il supprime la faculté que ce décret avait laissée à l'administration de concéder aux explorateurs un gisement de gré à gré, sans recourir à l'adjudication. L'inventeur n'a plus droit à rien et les colons ne pourraient plus disposer des phosphates contenus dans leurs propriétés de droit français. Cette inégalité de traitement avec le régime appliqué à la propriété en France s'expliquerait, suivant l'exposé des motifs, parce qu'on n'a pas à *respecter chez les propriétaires algériens des droits acquis!* Quel encouragement à la colonisation! Voilà une loi qui rangerait les phosphates d'Algérie dans le régime des carrières, en enlevant aux colons le droit qu'a en France tout propriétaire d'une carrière de l'exploiter à sa guise sans passer par l'adjudication. Il ne nous paraît pas possible qu'une pareille exception, si défavorable aux colons français, soit sanctionnée par le Parlement.

Du principe, passons à l'exécution: l'État, en possession du droit exclusif d'accorder des concessions, met l'exploitation des gisements aux enchères et limite à une période très courte, beaucoup trop courte, nous allons le voir, la durée du bail. Le chiffre de la redevance que le preneur s'engagera, par soumission cachetée, à payer, par tonne de phosphate extraite, décidera du choix de l'amodiataire. Sans se soucier ou plutôt, je le crois, sans se douter de la double nécessité, dans des travaux de mines de ce genre, d'y consacrer des capitaux considérables et d'avoir la sécurité du lendemain avant de les y engager, les rédacteurs du projet enlèvent à l'administration la possibilité de tenir compte aux industriels des sacrifices consentis par eux. On devra, coûte que coûte, procéder tous les dix ans à une nouvelle adjudication. L'article 6 du projet, il est vrai, dit qu'un décret rendu en la forme des règlements d'administration publique peut accorder, à titre exceptionnel et pour une durée qui ne pourra

excéder dix années, sans adjudication nouvelle, une prorogation de l'amodiation à l'amodiataire dont le bail serait sur le point d'expirer. L'article se termine ainsi : « Ce décret fixe la redevance à payer par tonne pendant cette prorogation : *In caudâ venenum.* » Quels seront les industriels qui pourront désirer user de cette faculté de prorogation ? Parfois celui qui aura réalisé quelques bénéfices pendant la durée de son bail, mais, le plus souvent, sans doute, celui qui, ayant engagé de gros capitaux dans son exploitation, verra arriver le moment de la récolte à l'instant même où expirera le contrat avec l'État. Or, n'est-il pas à craindre que le renouvellement, sans adjudication, ait pour corollaire l'augmentation de la redevance par tonne que devra fixer le décret ?

Les rédacteurs ne se sont certainement pas rendu compte de la situation de l'industrie des phosphates et pas davantage des conditions de succès des entreprises qui s'y rattachent. Ils se sont figuré qu'il existe un écart énorme entre les prix de production et les prix de vente : ils n'ont point réfléchi à l'importance des capitaux nécessaires pour l'exploitation de la mine, le traitement des minerais, la construction des voies ferrées, leur transport au lieu d'embarquement, etc..... En un mot, ils semblent avoir envisagé, avant tout, le côté fiscal de la question sans se demander si le régime bâtard imaginé par eux n'étoufferait pas, dans son germe, l'industrie naissante qui peut être pour l'Algérie une des causes trop rares, hélas ! de sa prospérité.

Mais il ne suffirait pas d'édicter un mode de concession ou de droit d'exploitation plus libéral, ni même d'étendre l'exercice de ce droit à une période beaucoup plus longue que celle prévue par le projet de loi, pour assurer la prospérité future de l'industrie des phosphates en Algérie et les bénéfices que la France doit en attendre pour son agriculture. Il faut rayer de la loi l'impôt de 2 fr. dont le projet grèverait le prix de revient de la tonne de phosphate exportée en tout pays autre que la France. Ce droit de 2 fr., dit l'exposé du projet, « n'a rien d'exagéré avec les bénéfices qui peuvent être réalisés dans ces exploitations ». Voyons ce qu'il en est de cette assertion.

Les évaluations les plus modérées portent à 20 fr. le coût de la

tonne de phosphate rendue à quai au port de Bougie. Le droit de 2 fr. correspond donc tout bonnement à 10 p. 100 du prix de revient. Cet impôt de 2 fr. s'appliquerait, comme la redevance résultant de l'adjudication à chaque tonne de phosphate brut, sans distinction de richesse des minerais en phosphate pur. Or, nous l'avons vu, la richesse des phosphates d'Algérie qui est, en moyenne, de 67 p. 100, varie entre 58 et 71 p. 100. Étant donné les cours actuels des phosphates sur les marchés européens, un impôt de 2 fr. par tonne, non seulement mettrait les phosphatiers dans l'impossibilité d'écouler les minerais à 60 p. 100, mais encore rendrait très difficile aux compagnies algériennes la vente de leurs phosphates 65/70 sur les marchés européens. En voulant percevoir des droits trop élevés, comme le dit M. Chateau, l'État menacerait de rendre impossible l'exploitation des phosphates en Algérie et courrait le risque de ne plus rien avoir à encaisser.

Quel est l'objectif à poursuivre? C'est, à coup sûr, de permettre à une industrie considérable de s'installer en Algérie dans des conditions qui lui permettent de prospérer. Comment l'atteindre? Par une législation libérale aidée dans son application du concours de l'administration à toutes les entreprises de l'initiative privée, se substituant aux tracasseries et aux incertitudes qui ont si malheureusement marqué ces dernières années.

La première préoccupation du législateur doit donc être d'encourager les colons français à exploiter les richesses minérales de leur sol, d'attirer en Algérie les hommes et les capitaux indispensables pour donner essor à l'industrie naissante qu'on semble avoir pris plaisir à entraver jusqu'ici.

Que le Parlement se pénètre de ces vérités et se hâte de mettre enfin à son ordre du jour, par un tour de faveur, la discussion d'un projet de loi déposé depuis bientôt deux ans à la Chambre des députés.

Les plus graves intérêts sont en suspens; il ne s'agit rien moins que de décider si les immenses richesses renfermées dans le sol algérien y demeureront enfouies ou si leur exploitation, à l'abri d'une législation libérale, nous rendra maîtres du marché européen, supprimant en même temps le tribut que nous payons au nouveau

monde pour la fertilisation de nos terres. Peu de questions semblent aussi dignes que celle-là du souci et de la sollicitude des pouvoirs publics.

IV

L'étude rapide que nous venons de faire de la question des phosphates algériens a pour objet principal de mettre en lumière l'urgence du vote d'une loi qui règle, sur des bases libérales, les conditions d'exploitation des gisements.

Rien, en effet, ne peut être plus funeste à une industrie naissante, surtout lorsque celle-ci exige des capitaux considérables, que l'incertitude du régime sous lequel elle se trouvera. Virtuellement abrogé par le dépôt du projet de loi de 1896, le décret du 12 octobre 1895 n'est plus appliqué ; le sort des anciennes concessions n'est pas réglé, il n'en est plus accordé de nouvelles et, finalement, l'exploitation très restreinte des richesses que renferme le sol algérien demeure stationnaire [1]. Cet état de choses voisin de l'anarchie ne saurait se prolonger plus longtemps sans compromettre gravement les intérêts les plus évidents de la colonie, de l'industrie et de l'agriculture françaises.

Mes lecteurs me permettront donc, après avoir montré combien seraient préjudiciables les dispositions du projet de loi du 21 janvier 1896, de préciser davantage encore les raisons majeures qui condamnent ce projet et d'indiquer les points essentiels que le législateur doit avoir en vue.

J'ai dit ma prédilection pour le régime de la concession substituée à l'amodiation par voie d'adjudication. En vain objecterait-on que placer les phosphates d'Algérie dans la catégorie des mines, établie par la loi de 1810, serait adopter pour notre colonie une législation différente de celle de la métropole. Cet argument est sans valeur,

1. Le tonnage de phosphate extrait en 1897 ne dépassera pas celui des années précédentes des quantités qu'il aurait pu atteindre par la mise en exploitation de nouveaux gisements. Les centres d'extraction de Tebessa ont produit 153 000 tonnes en 1896 ; ils fourniront en 1897 180 000 tonnes environ.

puisque le projet de loi du 21 janvier 1896, en rangeant les phosphates algériens dans la catégorie des carrières, comme cela existe en France, leur applique un régime tout différent de celui de la métropole. Disparate pour disparate, ne vaudrait-il pas mieux donner à l'Algérie le régime le plus favorable au développement de l'industrie phosphatière que de lui appliquer, sous le prétexte que les gisements de phosphate sont non des mines, mais des *carrières*, un régime beaucoup moins libéral que celui des carrières françaises? Les auteurs du projet de loi de 1896 paraissent avoir subordonné l'intérêt de l'industrie et de l'agriculture à ce qu'ils croient être l'intérêt budgétaire de la colonie ; voilà, je crois, l'erreur fondamentale qui a été le point de départ des dispositions que je combats. On a dû partir d'une idée fausse, répandue dans le public, au moment de la découverte des gisements de Tebessa, par des assertions plus enthousiastes que compétentes. Il s'agit de *milliards*, disait-on, à tirer de l'exploitation des phosphates algériens ; on ne saurait donc négliger de faire au budget algérien une large part dans les bénéfices que réaliseront les exploitants. De là, sans doute, la double mesure de l'adjudication au plus offrant et de la limitation à une courte période (dix ans au maximum) de la durée de l'amodiation.

Personne à coup sûr ne peut chiffrer la valeur vénale réelle de la masse de phosphate à extraire du sol algérien ; elle est sans doute très considérable, mais à des conditions essentiellement différentes de celles que le projet de loi propose de faire aux exploitants. Dans la situation tendue du marché des phosphates, la question du prix de revient prime toutes les autres et ce n'est pas le cas d'escompter le bénéfice que le gouvernement algérien pourra retirer de la concurrence dans les adjudications ; il faut voir bien plutôt les profits *indirects* à attendre d'une industrie largement assise, ayant devant elle la sécurité que seule peut donner une longue possession du droit d'exploiter et l'assurance de l'emploi fructueux des capitaux considérables qu'il lui faudra engager. Ces profits indirects sont nombreux : ils résulteront d'abord de la masse de bras nécessaires à cette industrie, le jour où elle pourrait exploiter annuellement les 1 200 000 ou 1 500 000 tonnes de phosphate dès à présent disponibles ; en second lieu, de l'augmentation du trafic par voies ferrées

qui viendra diminuer les garanties d'intérêt très élevées que l'État sert chaque année aux chemins de fer algériens, lorsque par l'abaissement des tarifs les transports des phosphates seront plus abordables et plus commerciaux. Enfin, notre marine marchande, qui manque de fret, trouverait là une alimentation qu'on assurerait certainement en décidant, par exemple, que seront seuls exempts des droits de sortie les phosphates naviguant sous pavillon français.

Ces profits indirects, cela ne semble pas douteux, seraient plus avantageux pour la colonie que le produit des redevances résultant de l'amodiation aux enchères de quelques centres d'exploitation. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que, contrairement à ce que semblent implicitement admettre les auteurs du projet de loi, l'exploitation des gisements de phosphate ne saurait se multiplier pour ainsi dire à l'infini, comme celle des carrières ordinaires : pierre à bâtir, pierre à chaux, etc... Leur nombre sera forcément restreint pour de nombreuses raisons sur lesquelles il n'est peut-être pas inutile d'insister, et qui toutes aboutissent à démontrer la nécessité pour cette industrie de disposer d'un gros capital.

Deux points doivent être particulièrement envisagés, savoir: 1° la richesse variable des phosphates d'un même gisement, d'où dépendent le traitement à leur faire subir et leur utilisation par l'industrie ou par l'agriculture; 2° le transport des phosphates aux centres d'expéditions. Examinons-les avec quelque détail.

Les analyses déjà nombreuses qu'on a faites des minerais d'Algérie ont montré que leur richesse en phosphate tribasique de chaux varie de 55 à 73 p. 100, leur teneur en carbonate de chaux allant de 20 à 40 p. 100. Ces phosphates sont pauvres en silice, en alumine et en sesquioxyde de fer et de magnésie ; ils sont, par conséquent, très propres à être transformés en superphosphates. Notons tout de suite qu'étant donnée la baisse énorme des phosphates, dont la valeur vénale a, depuis cinq ans, diminué de près de 50 p. 100, les minerais titrant moins de 60 p. 100 de phosphate réel ne peuvent aborder le marché européen, en vue de leur transformation en superphosphate. On ne saurait trop insister sur ce point et le préciser. Aux cours pratiqués actuellement, le prix de l'unité de phosphate d'une teneur de 55 à 60 et même 65 p. 100 est de 0 fr. 50 c., ce

qui représente, pour un minerai titrant 60 p. 100, une valeur dans un port d'Europe de 30 fr. la tonne. Or, nous avons vu que les chiffres réunis avec beaucoup de soin par M. Chateau conduisent précisément à fixer le *prix de revient* de la tonne de phosphate algérien (fret compris jusqu'à un port d'Europe) entre 30 et 31 fr. 50 c. la tonne. A moins donc, ce qui est peu probable, que les prix des phosphates bruts se relèvent sensiblement, le marché algérien ne peut pas compter exporter des minerais dosant 60 p. 100 et *à fortiori* des phosphates à titre inférieur à celui-là. Nous aurons à examiner le parti à tirer de ces phosphates peu riches. Les phosphates d'Amérique titrant 65 à 70 p. 100, valent actuellement de 0 fr. 691 à 0 fr. 721 l'unité de phosphate pur, dans un port européen [1]. A ce compte, la tonne de phosphate algérien, d'un titre moyen de 67 p. 100, vaudrait environ 46 fr. En admettant que les minerais de 63 à 67 trouvent seulement leur placement à raison de 0 fr. 60 c. l'unité, la valeur de la tonne serait encore de 38 à 40 fr.

La situation se résume donc ainsi : tous les phosphates à un titre égal ou inférieur à 60 p. 100 ne peuvent pas actuellement être exportés tels quels; les minerais de 63 à 67 p. 100 et au delà trouveront preneurs sur le marché européen à des prix rémunérateurs.

La première condition qui s'impose à l'exploitant algérien est dans le triage, au lieu même d'extraction, des phosphates de richesse inégale; la seconde est la recherche des meilleurs moyens de tirer parti des phosphates d'un titre inférieur à 63 p. 100 qu'on ne pourrait, sans un véritable gaspillage, abandonner sur le carreau de la mine, comme on le fait des débris de pierre dans les carrières ordinaires. Suivant la richesse des couches exploitables, ce triage fournira des quantités très inégales de phosphates bruts à exporter et de phosphates à traiter ou à employer en Algérie. Trois moyens se présentent pour l'utilisation de ces minerais à titre inférieur : 1° l'enrichissement du phosphate par lavage ou ventilation ; 2° leur transformation sur place en superphosphates ; 3° leur emploi direct par

1. Journal *l'Engrais* du 17 décembre. Valeur de l'unité, 5 deniers 1/2 à 5 deniers 3/4.

la culture algérienne. Les deux premiers procédés nécessitent des installations et des frais de manipulation qui justifient encore ce que nous avons dit précédemment de la nécessité d'une mise de fonds considérable ; j'y reviendrai dans un instant. Quant à l'emploi agricole des phosphates bruts moulus, on n'est pas encore fixé. Quelques essais de laboratoire, cultures en pot, etc... sembleraient indiquer que l'assimilabilité de ces phosphates par les plantes est faible, mais des expériences en rase campagne, bien conduites, sont nécessaires pour résoudre la question. *A priori,* d'après la composition des sols d'Algérie, dont la plus grande partie manque à la fois de chaux et d'acide phosphorique, je suis porté à penser que les phosphates de Tebessa, riches en calcaire, très finement moulus, devront donner de notables accroissements de rendement ; mais, je le répète, les hypothèses les plus rationnelles ne suffisent pas ; il faut que l'expérience se prononce sur leur valeur. A mon instigation et sur mes conseils, plusieurs propriétaires algériens et tunisiens ont entrepris, cette année, des essais de phosphatage de leur terre dont les résultats nous édifieront sur la valeur agricole des phosphates bruts de Tébessa.

Si les phosphates naturels ne peuvent être utilement employés par les cultivateurs algériens, les exploitants de cette précieuse matière devront, dans un délai prochain, arriver à les transformer sur place en superphosphate, car il n'est pas admissible qu'on laisse inutilisée la masse à coup sûr considérable de phosphate dont le titre ne permettrait pas l'exportation. Il faut donc, d'ores et déjà, envisager la création d'usines à superphosphates, c'est-à-dire la fabrication d'acide sulfurique sur le territoire algérien, car cette matière première de l'industrie phosphatière ne semble pas pouvoir être importée d'Europe à raison des frais et des difficultés de transport jusqu'au siège des gisements de phosphates. Les pyrites d'Espagne et le soufre de Sicile sont les sources auxquelles on pourrait économiquement s'adresser pour la production de l'acide sulfurique.

La fabrication du superphosphate trouverait aussi des débouchés en Italie et en Espagne où ce produit pourrait concurrencer avantageusement les superphosphates continentaux.

Aux dépenses qu'entraînera la création d'usines à superphosphates,

il faut ajouter, dans les prévisions des frais de premier établissement d'un gisement, le coût des voies ferrées indispensables au plus grand nombre des futures exploitations.

Dans son étude si intéressante, M. l'ingénieur Chateau énumère les gisements exploitables, géologiquement parlant, dans la province de Constantine. Il en compte six dans l'est ou sur la frontière tunisienne; quatre dans le centre de la province; sept dans l'ouest de Sétif; deux sur les territoires de Bordj-Rédir et de Tocqueville; un, enfin, entre le Djebel-Soubella et le Djebel-Tassa ; au total, dix-sept gisements qui, dans un avenir plus ou moins prochain, pourront être mis en exploitation, si une législation libérale et intelligente vient donner à l'industrie naissante l'essor qui en dépend pour la plus large part.

Les deux tiers environ de ces gisements peuvent être réunis aux voies ferrées existantes par la construction de raccordements d'une faible longueur, 25 kilomètres au maximum pour les plus éloignés. Les autres gîtes phosphatés sont situés à des distances du chemin de fer algérien variant de 30 à 80 kilomètres. L'établissement de ces raccordements étant une question *sine qua non* de possibilité d'exploitation des phosphates, on voit à quelle dépense seront nécessairement conduits les concessionnaires ou les amodiataires de gisements. On ne peut guère penser, en effet, que le gouvernement général d'Algérie, pas plus que les compagnies de chemins de fer, prendront à leur charge la construction de ces raccordements. Le doublement des voies existantes qui s'imposera absolument, si l'on veut rendre viable l'industrie phosphatière, sera sans doute le maximum d'efforts qu'on puisse obtenir de la colonie et des compagnies de chemins de fer.

De tout cela résulte que l'exploitation des phosphates algériens ne pourra se faire qu'avec des avances de fonds très considérables, dont seront seules capables des sociétés financières fortement constituées, les petites exploitations par des individus isolés étant rendues absolument impossibles par l'importance des capitaux qu'exigent l'extraction, le traitement, l'installation de fabriques de superphosphates et l'établissement des voies de transport des produits jusqu'au port d'embarquement et, dans l'intérieur de l'Algérie même, jus-

qu'aux lieux où phosphates bruts et superphosphates seraient employés par l'agriculture algérienne.

Il faut donc que la loi votée par le Parlement tienne compte de ces considérations et qu'elle ait pour visée principale, presque unique, d'attirer, par les mesures libérales qu'elle édictera, les capitaux indispensables au succès des entreprises qu'elle a pour objet de provoquer et d'encourager.

Si le principe de la concession pure et simple est repoussé, il faut, en tout cas, que de très longs baux, écartant les chances d'adjudications répétées à courtes périodes, donnent une sécurité absolue aux capitaux. Il faut, en outre, que la redevance à payer à l'État soit aussi modérée que possible; que le droit de sortie soit faible, 0 fr. 50 c. par tonne par exemple, avec suppression de ce droit pour les phosphates exportés sous pavillon français.

Il est de toute *nécessité* de ne frapper d'aucun droit supérieur à 0 fr. 50 c. par tonne les phosphates destinés à l'exportation vers les ports européens; agir autrement, infliger un droit de 2 fr. comme le propose le projet de loi de 1896, c'est donner une prime à la concurrence des phosphates d'Amérique et rendre presque impossible la lutte de l'Algérie contre la Floride.

Il faut enfin améliorer les voies ferrées existantes qui, actuellement, ne peuvent transporter que la dixième partie du phosphate que l'Algérie pourrait livrer chaque année à l'industrie. Il dépend du Parlement d'imprimer, par le vote d'une loi libérale, un essor immense à l'utilisation des richesses du sol algérien et d'assurer à notre colonie la prédominance sur le marché européen. Espérons qu'il en sera ainsi et, cela, le plus tôt possible.

J'emprunte à l'excellente étude de M. l'ingénieur Chateau les tableaux statistiques relatifs au fret et aux cours des phosphates bruts au commencement de l'année 1897. On trouvera à la suite de ces tableaux le texte du projet de loi du 18 janvier 1896 et celui du décret du 12 octobre 1895.

ANNEXES.

V. — ANNEXES.

ANNEXE N° 1.

Statistique des Frets pour phosphate brut expédié de la Floride et de l'Algérie dans les ports de la Baltique.

1895.				1896.			
VAPEURS.	TONNES.	LIEUX de chargement.	FRETS payés.	VAPEURS.	TONNES.	LIEUX de chargement.	FRETS payés.
Stettin.							
Hartville	1 650	Punta Gorda.	18/-	*Carl Hirschberg.*	1 750	Bône	9/9
Sir Wm Amstrong.	2 200	Brunswick.	18/9	*Ennismore*	1 500	—	9/6
Cordova	2 871	Punta Gorda.	17/6	*Novah*	1 950	—	9/-
Orsino.	1 590	Fernandina.	17/6	*Barrai'ough.*	2 127	Dales Crak.	15/6
Roikiliff.	3 100	—	16/9	*Oaklands*	2 459	Fernandina.	16/9
Springfield.	2 750	—	19/-	*Roikklif*	2 162	—	16/10 1/2
Hypatra	1 997	Brunswick.	18/6	*Ben Clune*	2 550	—	16/-
Springfield.	2 750	Fernandina.	19/-	*Renfrew*	2 795	—	17/6
Britannic	1 490	Savannah	16-6	*Durham City*	2 200	—	17/6
Birdoswald	3 000	Port Tampa.	19/6	*Mab*	2 062	Port Tampa.	19/6
Inverness	1 419	Savannah	15/-	*Ruabon.*	2 673	Bône	8/9
Birdoswald	2 826	Port Tampa.	19/6	*Glanhafren.*	2 650	Fernandina.	18/9
Macedonia.	1 955	Fernandina.	17/9		450		15/-
David Mainland.	2 525	—	17/3	*Marima.*	2 168	Brunswick.	15/-
Henriette H	2 688	—	17/-	*Ben Corlio*	2 537	Fernandina.	15/9
Tynedale	2 910	Port Tampa.	19/-	*North Flint.*	2 720	—	16/6
Mab.	2 750	Fernandina.	17/6	*Lovstakken*	3 300	—	16/-
City of Newcastle.	2 700	—	17/6	*Jane Kelsall*	2 489	Port Tampa.	17/6
Stuart Prince	1 900	Port Tampa.	19/-	*Rjukan.*	2 329	Fernandina.	19/6
Clintonie.	2 472	—	18/9	*Ranmoor*	2 752	Brunswick.	19/3
Nymphea.	2 300	Fernandina.	18/6	*Ragna*	2 000	Bône	8/3
Bothal.	2 414	Port Tampa.	19/-	*Bothal*	2 470	Brunswick.	25/-
				Athalie	2 697	Port Tampa.	20-6
				Liebenstein	1 000	Bône	12/-
Les vapeurs affrétés à Tampa à la date du 31 décembre 1896 ne sont pas compris dans ce qui précède.							
Danzig.							
Annendale.	»	Fernandina.	18/-	*Dunmore Head.*	»	Fernandina.	17/-
				Vésuv	»	Bône	11/6
Memel.							
Vannghar	»	Florida	18/3-17/9	*Niovsian*	1 550	Fernandina.	18/4 1/2
				Hallamshire	1 450	—	23/6
Ports en dehors de l'Allemagne.							
			HELSINGBORG.	*Lemgo*	»	Port Tampa.	17/-
			—	*North-Goalia*	»	—	17/6
			—	*Stalheim*	»	—	18/3
			STOCKHOLM.	*Ciburnum.*	»	—	18/-
			LANDSORONA	*Langoe*	»	—	14/-
			—	*Virginia*	»	—	22/6

Le tout en shillings sterling à la tonne.

ANNEXE N° 2.

Cours du 28 avril 1897.

DÉSIGNATION DE LA PROVENANCE.	LIEUX de livraison.	GARANTIE fer et alumine.	DISPONIBLE.	LIVRABLE.
		p. 100		
PHOSPHATES DE LA SOMME.				
Non lavés.				
Dosant de 75 à 80 p. 100 de phosphate de chaux.	Doullens.	2	» 70	» 70
— 70 à 75 —	Auxi-le-Château	2 1/2	» 60	» 60
— 65 à 70 —	Auxi-le-Château	4	» 55	» 55
— 60 à 65 —	Auxi-le-Château	5	» 50	» 50
— 55 à 60 —	Péronne.	Sans garantie.	» 45	» 45
— 50 à 55 —	Environs de Saint-Quentin ou parités.	—	» 40	» 40
— 45 à 50 —			» 35	» 35
— 40 à 45 —		2	» 30	» 30
Lavés.		3		
Dosant de 70 à 75 p. 100 de phosphate de chaux.		3 1/2 à 4	» 60	» 60
— 65 à 70 —		5	» 55	» 55
— 60 à 65 —			» 50	» 50
— 55 à 60 —			» 45	» 45
(Prix à l'unité de phosphate par 1 000 kilogr.)				
CRAIES PHOSPHATÉES LAVÉES.				
Dosant de 60 à 65 p. 100 de phosphate de chaux.	Sur bateau Canal de la Somme ou de Saint-Quentin.	1 1/2 à 2	» 52	» 52
— 55 à 60 —			» 46	» 46
— 50 à 55 —			» 38	» 38
— 48 à 52 —			» 36	» 36
— 45 à 50 —			» 34	» 34
— 42 à 45 —			» 32	» 32
— 40 à 45 —			» 30	» 30
(Prix à l'unité de phosphate par 1 000 kilogr.)				
PHOSPHATES DU CANADA.				
Dosant de 80 à 85 p. 100 de phosphate de chaux.	Ports d'Europe.	2	1 »	1 »
(Prix à l'unité de phosphate par 1 000 kilogr.)				
PHOSPHATES DE CAROLINE.				
55 à 60 roche de rivière, en vrac		3	5d 1/2	5d 1/2
55 à 60 roche de terre, l'unité par 1 000 kilogr. .			5 1/2	5 1/2

ANNEXE N° 2 (*suite*).

Cours du 28 avril 1897 (*suite*).

DÉSIGNATION DE LA PROVENANCE.	LIEUX de livraison.	GARANTIE fer et alumine.	DISPONIBLE.	LIVRABLE.
		p. 100		
PHOSPHATES DE LA FLORIDE.				
Dosant de 75 à 85 p. 100 de phosphate de chaux.	Ports d'Europe.	3	6d3/4	6d3/4
— 55 à 65 p. 100 de rivière	Ports d'Europe.	3	5 3/4	5 3/4
(Prix à l'unité de phosphate par 1 000 kilogr.)				
PHOSPHATES ALGÉRIENS. (Province de Constantine)				
Dosant de 58 à 63 p. 100	Ports Bayonne à Dunkerque.	2	» 55	» 55
— 63 à 70 p. 100	Ports Bayonne à Dunkerque.	2	» 60	» 60
— 58 à 63 p. 100	Ports de la Méditerranée.	2	» 55	» 55
— 63 à 70 p. 100	Ports de la Méditerranée.	2	» 60	» 60
— 58 à 63 p. 100	Royaume-Uni.	2	5d1/2	5d1/2
— 63 à 70 p. 100	Royaume-Uni.	2	5 3/4	5 3/4
— 58 à 63 p. 100	Ports du continent.	2	5 1/2	5 1/2
— 63 à 70 p. 100	Ports du continent.	2	5 3/4	5 3/4
PHOSPHATES DE LIÈGE.				
Dosant de 65 à 70 p. 100 de phosphate de chaux.	Liège Rocour ou parité.	»	» 65	» 65
— 60 à 65 —	Liège Rocour ou parité.	2 1/2	» 60	» 60
— 60 à 65 —	Liège Rocour ou parité.	3 1/2	» 52	» 52
— 55 à 60 —	Liège Rocour ou parité.	3 1/2	» 50	» 50
— 50 à 55 —	Liège Rocour ou parité.	4	» 40	» 40
— 45 à 50 —		Sans garantie.	» 25	» 25
(Prix à l'unité de phosphate par 1 000 kilogr.)		—	12 50	12 50
Dosant de 40 à 45 p. 100 prix par 1 000 kilogr.				
PHOSPHATES DE MONS.				
Craie lavée de 40 à 45 p. 100 de phosphate de chaux.	Mons.	1 2/5	» 33	» 33
— 45 à 50 —	Ciply.	2	» 40	» 40
(Prix à l'unité de 50 à 55 par 1 000 kilogr.)	Ciply.	»	» 42	» 42
— 55 à 60 —	Ciply.	»	» 45	» 45

ANNEXE N° 3.

Projet de loi sur l'exploitation des phosphates de chaux en couches situés en Algérie

Présenté au nom de M. Félix Faure, *Président de la République française*, par M. Léon Bourgeois, *Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur*, par M. Paul Doumer, *Ministre des Finances*, par M. Guyot-Dessaigne, *Ministre des Travaux publics*, et par M. Viger, *Ministre de l'Agriculture*.

Exposé des motifs.

Messieurs,

Conformément à l'engagement pris par le Gouvernement dans la séance de la Chambre des députés du 24 décembre dernier, nous venons vous présenter le projet de loi qui nous a paru pouvoir régler les conditions de l'exploitation des phosphates de chaux en Algérie.

Comment ces gîtes ont été découverts, comment leur exploitation a débuté, quels incidents et quelles difficultés elle a soulevés, comment le Gouvernement a cherché à les résoudre provisoirement par le décret du 12 octobre 1895, ce sont des questions sur lesquelles il nous paraît inutile de revenir ; les diverses discussions qui ont eu lieu dans le Parlement les ont suffisamment élucidées. Mais il ne sera pas inopportun de rappeler les motifs, invoqués déjà par le Gouvernement dans la dernière discussion devant la Chambre, qui expliquent et justifient la législation spéciale que nous vous proposons et qui en doivent constituer les bases.

« Une législation particulière est ici nécessaire », faisions-nous observer dans cette discussion, « parce qu'elle doit être appliquée à un pays différent de la métropole par la nature de son sol et par l'état de civilisation de ses habitants. Il n'est pas possible d'appliquer d'une manière mécanique, pour ainsi dire, la législation française aux territoires algériens ».

Les mêmes idées avaient déjà inspiré la préparation du décret du 12 octobre 1895. On s'y était efforcé de ne modifier la loi métro-

politaine — qu'il y a toujours intérêt à suivre en Algérie lorsqu'on le peut — que dans celles de ses dispositions qui ressortaient comme incompatibles avec les conditions spéciales à l'Algérie. Aussi bien le Gouvernement a déjà fait connaître qu'il pensait devoir maintenir comme base de la législation projetée l'économie générale de ce décret, sauf à le modifier sur divers points, en ce qui concerne notamment l'extraction et les redevances et en cherchant, en outre, à étendre aux agriculteurs français les avantages qui n'étaient accordés par le décret, et sur une échelle très réduite, qu'aux agriculteurs algériens.

Il y a trois points sur lesquels le projet de loi diffère du décret du 12 octobre 1895 et dont l'importance nécessite que nous nous y arrêtions tout d'abord.

Le décret avait laissé de côté les terrains qui sont actuellement des propriétés constituées au titre français entre les mains de personnes privées. Nous ne méconnaissons pas les motifs de droit qui avaient conduit à faire une distinction entre ces terrains et ceux appartenant à des collectivités administratives ou relevant du droit musulman. Mais il ne faut pas perdre de vue que les phosphates en couches, dont la découverte a suscité une si légitime émotion, ont été reconnus depuis trop peu de temps en Algérie pour que des transactions sérieuses aient pu être faites, en vue de leur exploitation, sur des terrains de propriété privée suivant le droit français : de pareilles propriétés existent à peine dans les régions à phosphates. Le législateur peut donc séparer les phosphates de la propriété du sol en Algérie pour en rendre l'exploitation plus utile aux intérêts publics, sans être arrêté par cette question des droits acquis qui, dans la métropole, n'a pas laissé de contribuer puissamment à faire classer les phosphates dans les carrières. Aussi bien la dévolution des « redevances tréfoncières » faite par l'article 13 aux propriétaires superficiaires paraîtra, dans l'espèce, une large compensation à la perte d'espérances qu'ils auraient pu entrevoir plus que de droits acquis dont ils auraient pu se croire réellement investis.

D'autre part, il y a lieu de remarquer que si l'on rencontre dans la métropole des phosphates de chaux en couches, ces couches n'ont jamais présenté, jusqu'ici, la richesse, la puissance et l'étendue de

celles du Sud Algérien. C'est pourquoi aussi — et c'est la seconde différence entre la loi et le décret du 12 octobre 1895 — le projet que nous vous soumettons ne s'applique qu'aux phosphates en couches, tels que ceux de Tébessa. Il y a deux autres catégories de gîtes de phosphates connus en Algérie : les uns se rencontrent, notamment aux environs d'Orléansville, dans les grottes où ils forment des terres phosphatées de basse teneur en phosphate, mais contenant aussi de l'azote ; les autres, près de la frontière du Maroc, forment des poches de phosphorites très pures mais en très faibles masses. Les uns et les autres sont très limités, sans importance industrielle actuelle, et paraissant sans avenir. Le régime du présent projet ne donnerait ici que des complications sans utilité pratique ; il aurait plus d'inconvénients que d'avantages.

Il nous reste à définir le caractère juridique fondamental du projet.

Comme nous venons de le dire, il détache de la propriété superficiaire les gîtes de phosphates de chaux en couches, dans tous les terrains où ils peuvent se trouver ; mais de cette séparation il ne résulte pas que les phosphates doivent être classés dans les mines. Les mines, dans notre droit français, ne sont pas seulement caractérisées par leur séparation de la propriété superficiaire, mais encore et surtout par tout un régime que définit une législation spéciale pour le mode d'institution des concessions et la nature de leur propriété perpétuelle entraînant pour le concessionnaire des obligations et des droits particuliers. Il a été reconnu que ce régime était incompatible avec l'allure et la nature des gîtes de phosphates algériens et le décret du 12 octobre 1895 a très judicieusement établi celui qui convenait aux conditions de l'espèce. Ce régime est, en fait, un régime de carrières, mais de carrières spéciales : c'est ce que le projet de loi admet et établit nettement par les articles 1 et 14. Il en résulte donc que les gîtes de phosphates de chaux en couches, dans quelque terrain qu'ils se trouvent placés, deviennent des carrières domaniales, mais des carrières dont le régime normal, à ce titre, se trouve modifié par les dispositions de la loi dont il nous reste maintenant à expliquer les détails dans l'ordre de ses articles.

Nous n'avons pas à revenir sur l'article 1er dont nous venons

d'expliquer l'importance et la portée par sa combinaison avec l'article 14.

L'article 2 relatif aux recherches ne fait que reproduire l'article 6 du décret, sauf les modifications du dernier paragraphe. Avant d'en parler, nous devons rappeler que de pareilles recherches seront généralement indispensables. Ce qui reste inconnu pour le développement de l'exploitation des phosphates algériens, c'est une question de teneur. On sait parfaitement aujourd'hui les localités où se trouve leur niveau géologique. Ces recherches par galeries ou puits peuvent seules permettre de s'assurer si, en profondeur, la couche est exploitable nonobstant l'insuffisance de teneur de l'affleurement.

Le dernier paragraphe vise la procédure à suivre pour l'occupation des terrains nécessaires à l'exécution des travaux et l'indemnité à payer pour cette occupation. On s'est borné à poser le principe d'une indemnité « aux intéressés » sans autrement préciser dans les termes, à raison de la multiplicité des cas qui peuvent se présenter suivant que l'on se trouve en terrains domaniaux, départementaux, communaux, en terrains melk ou arch, ou en terrains de droit français. Il peut y avoir en cause le propriétaire pour ces terrains et éventuellement son fermier ; l'usager ou l'arabe simple détenteur dans les terrains de droit musulman. Pour être complexe en fait, la question n'en est pas moine analogue à toutes celles de cette nature qui peuvent se présenter pour d'autres occupations semblables. Ce sont des questions de jurisprudence algérienne dont il suffit que la loi indique le principe.

Les articles 3, 4, 5, 6 et 7 reproduisent en principe les dispositions fondamentales du décret du 12 octobre sur les amodiations et leur procédure, sauf une différence de fond et quelques modifications de forme.

Au fond on a cru devoir supprimer la faculté donnée à l'administration d'attribuer une amodiation sans adjudication à l'inventeur. Il a semblé que l'inventeur trouverait une rémunération suffisante dans des indications qu'il sera seul à connaître et qui lui donneront un avantage marqué sur ses concurrents à l'adjudication. On peut donc compter que les recherches auront lieu nonobstant la suppression de cette clause.

On a réduit à la durée de dix ans la faculté de prorogation sans adjudication de l'article 6.

L'article 8 met dans la loi même l'ensemble des obligations que l'article 2 du décret, dans la seconde partie, proposait d'insérer dans chaque cahier des charges. Cette solution, qui aboutit au même résultat, est à la fois plus sûre et plus simple.

Au paragraphe 6 de cet article se présente une question de règlement d'indemnité « aux intéressés » de même ordre que celle ci-dessus discutée à l'occasion de l'article 2.

Un paragraphe 7 nouveau permettra l'établissement des voies extérieures dans des conditions plus pratiques que celles que prévoyait l'article 11 du décret.

L'article 9 ne se trouvait pas dans le décret. On l'a mis dans la loi à cause des différences entre celle-ci et celui-là. La loi met tous les phosphates dans les mains de l'État ; elle lui en attribue la propriété, qui est légalement et définitivement détachée de celle du sol. Il serait toutefois inadmissible, et nul ne voudrait admettre qu'un cultivateur ne pût bénéficier, pour amender son champ, d'une marne phosphatée, alors qu'elle ne sera pas exploitable industriellement et que la propriété ne serait pas comprise dans les limites d'une exploitation. Légalement il ne le pourrait cependant pas, puisque les phosphates sont la propriété de l'État. Penserait-on vider ce conflit incessant et continu par une distinction fondée sur l'exploitation industrielle du produit ? On ne ferait que déplacer la difficulté sans la résoudre ni même l'atténuer. L'exploitabilité industrielle est et restera incessamment variable suivant les lieux et les époques.

La solution proposée par l'article 9 est une transaction de nature à concilier partout et en tout temps les intérêts en présence. Dans les termes indiqués, l'application ne soulèvera pas de difficultés. Il n'y a pas là d'ailleurs une véritable innovation. L'idée est empruntée aux minières de minerai de fer que notre législation attribue aux propriétaires du sol, même en terrains concédés à un autre. Entre ce régime des minières et celui des phosphatières de l'article 9, il y aura deux différences importantes qui feront disparaître pour les phosphatières les difficultés incontestables que soulève la pratique des minières et qui auraient été encore plus grandes pour les phos-

phatières en territoires arabes; le cultivateur même, en terrains non amodiés, ne peut se servir des phosphates que pour l'usage immédiat de la culture sur place; tout trafic lui en est interdit; ce n'est pas une propriété qui lui est attribuée comme avec la minière; c'est un simple droit d'usage parfaitement défini et limité.

En terrains explorés ou amodiés, ce droit ne pourra s'exercer que par des travaux exclusivement à ciel ouvert, comme pour la minière située sur l'affleurement d'un gîte de minerai de fer concédé en profondeur. Ce dualisme n'amènera pas de complications, par suite des conditions dans lesquelles l'administration pourra arrêter la phosphatière du superficiaire, s'il en est besoin, pour assurer l'exploitation de l'amodiataire de l'État.

L'article 10, après l'addition faite à l'article 8, paragraphe 7, pour les voies extérieures, pouvait se borner à garder les servitudes d'aérage et d'écoulement d'eaux, en en réglant les détails avec plus de précision que ne le faisait l'article 12 du décret du 12 octobre 1895.

L'article 11 est un simple article d'ordre qui reproduit la partie utile de l'article 15 du décret du 12 octobre 1895. On aurait pu à la rigueur se dispenser de cette reproduction, puisqu'au fond l'article ne stipule d'obligations que pour l'administration supérieure; mais à ce titre il reste utile.

Dès l'instant que le droit d'extraction établi par l'article 12 ne doit pas être perçu sur les phosphates consommés en France ou en Algérie, on pouvait, sans inconvénient, relever ce droit de 0 fr. 50 c. à 2 fr. et ce taux n'a rien d'exagéré avec les bénéfices qui peuvent être réalisés dans ces exploitations.

Nous avons déjà expliqué les motifs généraux qui doivent conduire l'État à la dévolution faite par l'article 13 d'une partie des redevances résultant des adjudications pour les terrains autres que les terrains domaniaux. Il n'a pas paru, d'autre part, que l'on pût régir différemment les diverses sortes de terrains. Ils sont tous traités également sous réserve de la question de savoir quel sera l'attributaire définitif de la redevance suivant la nature juridique des terres; le propriétaire dans les terrains soit de droit français, soit melk; le détenteur dans les terres arch. Le règlement d'administration

publique prévu à l'article 16 règlera le mode d'attribution d'après le principe relativement simple de la loi, pratiqué notamment en Belgique pour les redevances tréfoncières de mines, à savoir la répartition au prorata des surfaces, au lieu du système d'attribution faite par l'article 11 du décret à chaque propriétaire sous les terrains duquel on eût exploité ; on aurait été conduit ainsi à des difficultés inextricables.

Nous avons précédemment expliqué toute l'importance de l'article 14 qui était nécessaire pour achever de définir le caractère juridique de ces exploitations, de ces carrières domaniales d'une espèce particulière.

L'article 15 s'explique de lui-même. La loi ne pouvait tout régler sans descendre dans des détails qui auraient retardé sa promulgation et obscurci ses principes.

Il nous a paru inutile de dire explicitement dans la loi que le décret du 12 octobre 1895 était abrogé ; cela va de soi.

Projet de loi.

Le Président de la République française

Décrète :

Le projet de loi dont la teneur suit sera présenté à la Chambre des députés par le Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur, les ministres des Finances, des Travaux publics, de l'Agriculture, qui sont chargés d'en exposer les motifs et d'en soutenir la discussion.

Article premier. — La recherche et l'exploitation des phosphates de chaux en couches, situés en Algérie, seront soumises aux règles suivantes.

Art. 2. — Des recherches peuvent être autorisées pour une durée de un an par arrêté du Gouverneur général rendu sur l'avis des Ingénieurs des Mines.

L'autorisation assure à son titulaire le droit exclusif de faire des recherches dans les limites qu'elle indique.

Ce droit ne peut être cédé qu'avec l'assentiment du Gouverneur général.

L'autorisation peut être renouvelée.

Tout travail d'exploitation est interdit, à peine de retrait immédiat de l'autorisation.

Le requérant doit fournir, avec sa demande, pour la région dans laquelle il veut explorer, un plan en double expédition, qui permette d'y inscrire les limites du périmètre.

L'autorisation est annulée de plein droit si une amodiation est consentie sur les terrains pour lesquels elle a été accordée.

L'explorateur doit s'entendre avec les intéressés pour l'occupation, à l'intérieur de son périmètre, des terrains nécessaires à l'exécution de ses travaux ; à défaut, il ne peut les occuper qu'après une autorisation donnée par le Préfet, sur l'avis des Ingénieurs des Mines, et après paiement d'une indemnité aux intéressés, réglée à l'amiable ou à défaut par l'autorité judiciaire.

Art. 3. — L'exploitation ne peut avoir lieu qu'en vertu d'amodiations consenties par l'État à la suite d'adjudications, sauf dans le cas prévu à l'article 6.

Art. 4. — L'adjudication porte sur la redevance à payer par tonne de phosphate extraite.

Elle a lieu sur soumissions cachetées.

Les concurrents doivent, un mois à l'avance, justifier de leurs facultés.

La liste des concurrents est arrêtée par le Gouverneur général en Conseil de Gouvernement.

L'adjudication n'est définitive qu'après approbation du Gouverneur général.

Art. 5. — Les adjudications sont préparées par l'Administration des Domaines avec le concours du service des Mines.

Les lots à adjuger doivent être abornés avant l'adjudication, partout où cela sera reconnu nécessaire.

Un plan du lot doit être remis à l'amodiataire lors de l'approbation de l'adjudication; un double reste entre les mains de l'Administration.

Art. 6. — Un décret rendu en la forme des règlements d'administration publique, sur le rapport des Ministres de l'Intérieur et des Travaux publics, après avis du Conseil géneral des Mines, peut accorder, à titre exceptionnel et pour une durée qui ne pourra

excéder dix années, sans adjudication nouvelle, une prorogation de l'amodiation à l'amodiataire dont le bail serait sur le point d'expirer.

Ce décret fixe la redevance à payer par tonne pendant cette prorogation.

Art. 7. — Le cahier des charges relatif à toute amodiation ou prorogation d'amodiation fixe :

1° Les limites entre lesquelles le droit d'exploiter est accordé;

2° La durée de l'amodiation;

3° L'extraction minimum à laquelle l'amodiataire sera restreint dans les périodes successives de son amodiation;

4° Les installations, travaux ou ouvrages que l'amodiataire devra exécuter en cours d'amodiation ou laisser à la fin de l'amodiation.

Art. 8. — Tout amodiataire doit exploiter suivant les règles de l'art en évitant les travaux susceptibles d'être une cause de gaspillage du gîte dans le présent ou de ruine dans l'avenir. Il est soumis à cet effet et dans ce but à la surveillance et au contrôle des Ingénieurs des Mines, le tout à peine d'annulation de l'amodiation, laquelle sera prononcée par l'autorité judiciaire et sans préjudice des dispositions de police administrative sur l'exploitation des carrières.

Aucun amodiataire ne peut céder son droit qu'avec l'autorisation du Gouverneur général en Conseil de Gouvernement et en restant responsable de son cessionnaire vis-à-vis de l'État.

L'amodiataire est responsable au regard de tous intéressés de tous les dommages produits par ses travaux.

L'amodiation sera résiliée de plein droit, sans autre mise en demeure, pour retard de plus de six mois dans le paiement de la redevance prévue à l'article 4 ou 6, ou pour inobservation de la clause de l'extraction minimum, à moins de dispense obtenue au préalable du Gouverneur général, le tout sous les recours de droit en faveur de l'amodiataire.

L'État ne donne aucune garantie en ce qui concerne les ressources du gîte et ne peut encourir aucune responsabilité de ce chef, pas plus que pour erreur dans la contenance superficielle, à moins que cette erreur ne soit de plus d'un dixième.

L'amodiataire aura le droit d'occuper dans l'intérieur de son périmètre les terrains reconnus nécessaires à son exploitation par un arrêté du Préfet, rendu après avis des Ingénieurs des Mines, moyennant le paiement aux intéressés d'une indemnité réglée à l'amiable ou à défaut par l'autorité judiciaire.

Il pourra établir à l'extérieur de son périmètre des routes ou voies ferrées de toute nature, nécessaires à son exploitation, qui auraient été déclarées d'utilité publique.

En fin d'amodiation, il n'est dû par l'État aucune indemnité pour les ouvrages souterrains faits par l'amodiataire. L'État aura la faculté de reprendre, à dire d'experts, les autres installations fixes ou établies à demeure par l'amodiataire, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur du périmètre qui lui a été attribué, l'amodiataire pouvant toujours disposer des approvisionnements, de l'outillage et du matériel mobile lui appartenant.

Art. 9. — Tout cultivateur conserve le droit d'utiliser, sur place, pour la culture, les amendements phosphatés provenant des terres pour lesquelles il a le droit de fouille et qui ne sont pas comprises dans un périmètre de recherche ou d'amodiation.

A l'intérieur des périmètres de recherche ou d'amodiation, il ne pourra être fait, dans le but et sous les réserves indiqués au paragraphe précédent, que des fouilles à ciel ouvert qui pourront même être interdites, sans indemnité, par arrêté du Préfet, rendu sur l'avis des Ingénieurs des Mines, s'il était reconnu qu'elles dussent nuire à l'exploitation industrielle, présente ou future, d'un gîte de phosphate.

Art. 10. — Il existera entre carrières voisines de phosphates de chaux en couches, une servitude réciproque pour l'établissement des puits et galeries nécessaires soit pour l'aérage, soit pour l'écoulement des eaux.

En cas de contestations entre les intéressés pour l'exercice de cette servitude, il est statué par le Préfet, après avis des Ingénieurs des Mines, sur l'établissemeut des ouvrages reconnus nécessaires.

Les indemnités, s'il y a lieu, seront réglées par l'autorité judiciaire.

Art. 11. — Il ne pourra être accordé ni autorisation de recher-

che, ni amodiation en vertu de la présente loi dans les territoires non encore soumis aux opérations du sénatus-consulte du 22 avril 1863.

Art. 12. — En dehors de la redevance qui fait l'objet de l'adjudication visée en l'article 4, il est établi un droit d'extraction de 2 fr. par tonne de phosphate expédiée.

Seront affranchis de ce droit les phosphates effectivement consommés en Algérie et dans la métropole.

Art. 13. — Le total des redevances effectivement payées en vertu des articles 4 ou 6 reviendra pour une moitié à l'État et pour l'autre moitié aux propriétaires ou aux détenteurs des terrains compris dans le périmètre de l'amodiation au prorata des surfaces desdits terrains.

Art. 14. — Les lois qui régissent les carrières sont applicables aux exploitations de phosphate de chaux en couches, en tout ce qui n'est pas contraire à la présente loi.

Art. 15. — Des règlements d'administration publique fixeront les détails d'application de la présente loi, notamment en ce qui concerne le mode d'imposition et de recouvrement du droit prévu à l'article 12 et la répartition des redevances prévues à l'article 13.

Fait à Paris, le 18 janvier 1896.

Le Président de la République française,
Signé : FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur,
Signé : LÉON BOURGEOIS.

Le Ministre des Finances,
Signé : PAUL DOUMER.

Le Ministre des Travaux publics,
Signé : GUYOT-DESSAIGNE.

Le Ministre de l'Agriculture,
Signé : VIGER.

Annexe au projet de loi.

Décret du 12 octobre 1895.

Le Président de la République française,

Sur le rapport des Ministres des Travaux publics, de l'Intérieur et des Finances;

Vu la loi du 24 avril 1833, article 25 ;

Vu l'ordonnance du 22 juillet 1834, article 4;

Décrète :

TITRE PREMIER. — *Exploitation des phosphates dans les terrains domaniaux.*

Article premier. — L'exploitation des phosphates de chaux dans les terrains domaniaux a lieu en vertu d'amodiations passées par voie d'adjudication publique, dans les conditions prévues au présent titre.

Art. 2. — Le cahier des charges relatif à chaque amodiation fixe :

1° Les limites entre lesquelles le droit d'exploiter est accordé ;

2° La durée de l'amodiation ;

3° L'extraction minimum à laquelle l'amodiataire sera restreint dans les périodes successives de son amodiation ;

4° Les installations, travaux ou ouvrages que l'amodiataire devra exécuter en cours d'amodiation ou laisser à la fin de l'amodiation.

Le cahier des charges rappelle :

1° Que l'amodiataire doit exploiter suivant les règles de l'art, en évitant les travaux susceptibles d'être une cause de gaspillage du gîte dans le présent ou de ruine dans l'avenir;

Que l'amodiataire doit être soumis, à cet effet et dans ce but, à la surveillance et au contrôle des Ingénieurs des Mines, agissant au nom et pour le compte du Domaine;

Le tout à peine d'annulation de l'amodiation, que le Domaine pourra provoquer de l'autorité judiciaire ;

2° Que l'amodiataire ne peut céder son droit qu'avec l'autorisation du Gouverneur général et en restant responsable de son cessionnaire vis-à-vis du Domaine ;

3° Que l'amodiataire reste responsable de tous les dommages

produits à la surface par ses travaux, soit au regard de l'État, pour la propriété, soit, pour la jouissance, au regard de ceux qui la détiennent à un titre quelconque;

4° Que l'amodiation sera résolue de plein droit, sans autre mise en demeure, pour retard de plus de six mois dans le paiement de la redevance prévue à l'article 3, ou pour inobservation de la clause de l'extraction minimum, à moins de dispense obtenue au préalable du Gouverneur général, le tout sous les recours de droit en faveur de l'amodiataire;

5° Que l'État ne donne aucune garantie en ce qui concerne les ressources du gîte et ne peut encourir aucune responsabilité de ce chef, pas plus que pour erreur dans la contenance;

6° Que l'amodiataire aura le droit d'occuper les terrains domaniaux reconnus par l'Administration nécessaires à son exploitation, moyennant le paiement d'une indemnité à l'amiable ou à défaut par experts;

7° Qu'en fin d'amodiation, il n'est dû aucune indemnité pour les ouvrages souterrains faits par l'amodiataire; que le Domaine aura la faculté de reprendre, à dire d'experts, les autres installations fixes ou établies à demeure par l'amodiataire, sur les terrains domaniaux, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur du périmètre qui lui a été attribué, l'amodiataire pouvant toujours disposer des approvisionnements, de l'outillage et du matériel mobile lui appartenant.

Art. 3. — L'adjudication porte sur la redevance à payer par tonne de phosphate expédiée.

Elle a lieu sur soumissions cachetées.

Les concurrents devront, un mois à l'avance, justifier de leurs facultés.

La liste des concurrents est arrêtée par le Gouverneur général en Conseil de Gouvernement.

L'adjudication n'est définitive qu'après approbation du Gouverneur général.

Art. 4. — Les adjudications sont préparées par l'Administration des Domaines, avec le concours du service des Mines.

Les lots à adjuger devront être abornés avant l'adjudication, partout où cela sera nécessaire.

Un plan du lot doit être remis à l'amodiataire, lors de l'approbation de l'adjudication ; un double reste entre les mains de l'Administration.

Art. 5. — Le Gouverneur général, en Conseil de Gouvernement, peut consentir, sans adjudication, une prorogation d'amodiation à l'amodiataire dont le bail va expirer.

La redevance à payer par tonne pendant cette prorogation est fixée par le Gouverneur général en Conseil de Gouvernement.

Un nouveau cahier des charges est dressé dans les conditions stipulées à l'article précédent.

Art. 6. — Dans les terrains domaniaux non encore amodiés, des recherches pourront être autorisées pour une durée d'un an par arrêté du Gouverneur général, rendu sur l'avis des Ingénieurs des Mines, l'Administration des Domaines entendue.

L'autorisation assure à son titulaire le droit exclusif de faire des recherches dans les limites qu'elle indique.

Ce droit ne pourra être cédé qu'avec l'assentiment du Gouverneur général.

L'autorisation pourra être renouvelée.

Le requérant devra fournir, avec sa demande, pour la région dans laquelle il veut explorer, un plan en double expédition, qui permettra d'y inscrire les limites du périmètre.

L'autorisation est annulée de plein droit, si une amodiation est consentie sur les terrains pour lesquels elle a été accordée.

Art. 7. — Le Gouverneur général en Conseil de Gouvernement peut, sur la proposition des Ingénieurs des Mines, accorder une amodiation sans adjudication, en faveur de tout explorateur dûment autorisé, dont les travaux de recherche auraient établi l'existence d'un gîte exploitable en dehors des régions connues.

L'acte d'amodiation fixe, en ce cas, la redevance à payer par tonne expédiée.

Le cahier des charges est rédigé suivant les indications de l'article 2.

Le lot est aborné et le plan est dressé comme il est dit à l'article 4.

TITRE II. — *Exploitation des phosphates dans les terrains des départements et des communes.*

Art. 8. — Les départements et les communes, pour les terrains dont ils ont la disposition et l'administration au titre français, ne pourront céder le droit d'exploiter les phosphates que par adjudications publiques portant sur une redevance à payer par tonne expédiée.

Les amodiations et les cahiers des charges, pour les terrains que les départements et communes voudront mettre en adjudication, seront préparés par les Ingénieurs des Mines.

Les adjudications ne seront définitives qu'après approbation du Gouverneur général en Conseil de Gouvernement.

Les Ingénieurs et agents du service des Mines seront chargés de la surveillance des exploitations départementales et communales, en vue d'éviter leur gaspillage ou leur ruine par les amodiataires.

Des remises seront faites au personnel du service des Mines par les départements et les communes, pour le concours que ledit personnel aura à prêter d'après le présent article. Le taux de ces remises sera fixé par un arrêté du Gouverneur général.

Art. 9. — Le département ou la commune peut consentir, sans adjudication, une prorogation d'amodiation à l'amodiataire dont le bail va expirer.

La redevance à payer par tonne pendant cette prorogation est fixée par le Conseil général ou le Conseil municipal.

Un nouveau cahier des charges est dressé dans les conditions stipulées à l'article précédent.

La prorogation ne peut produire effet qu'avec l'approbation du Gouverneur général en Conseil de Gouvernement.

TITRE III. — *Exploitation des phosphates dans les terrains communaux de douars et dans les terrains relevant du droit musulman.*

Art. 10. — La recherche et l'exploitation des phosphates dans les terrains communaux appartenant aux douars, ont lieu comme il est stipulé pour les terrains domaniaux aux articles 1 à 7.

La redevance à payer par l'adjudicataire est payée par moitié entre le douar et l'État.

Le personnel du service des Mines recevra des indemnités à la charge des douars, pour le concours qui lui est imparti aux termes du présent article. Le taux de ces indemnités sera réglé par arrêté du Gouverneur général.

Un arrêté du Préfet, rendu sur l'avis des Ingénieurs des mines, peut autoriser l'amodiataire, à charge d'une indemnité qu'il paiera au douar, à occuper, à l'intérieur ou à l'extérieur de son lot, les terrains communaux de douars qui seraient reconnus nécessaires à l'exploitation.

Art. 11. — Dans les douars qui, après avis des Ingénieurs des mines, auront été désignés par le Gouverneur général, en Conseil de Gouvernement, comme contenant des phosphates susceptibles d'être exploités, la recherche et l'exploitation des phosphates, dans les terrains qui relevaient du droit musulman à la date de la promulgation de cet arrêté de désignation, ont lieu comme il est dit à l'article précédent pour les terrains communaux de douars.

Toutefois la redevance à payer par l'amodiataire pour l'extraction, et l'indemnité par lui due pour occupation de surface, reviennent à ceux qui ont la propriété ou la jouissance des terrains fouillés ou occupés.

Les droits acquis au titre français, postérieurement à la promulgation de l'arrêté de désignation, ne peuvent être opposés au droit d'extraction de l'amodiataire pendant la durée de son amodiation ; ils peuvent être opposés à son droit d'occupation de la surface.

TITRE IV. — *Dispositions générales.*

Art. 12. — Il existera, entre carrières voisines de phosphates, à quelque titre qu'elles existent ou soient entreprises, une servitude réciproque de desserte, pour permettre à un exploitant enclavé de jouir, en traversant la carrière voisine, de voies souterraines pour l'aérage, l'épuisement ou le sortage des produits, ladite servitude se combinant, s'il y a lieu, avec celle de l'article 682 du Code civil.

Art. 13. — Il ne pourra être accordé ni autorisation de recherche,

ni amodiation, en vertu du présent décret, dans les territoires non encore soumis aux opérations du sénatus-consulte du 21 avril 1863.

Des désignations pourront être faites dans ces territoires suivant les formes et pour l'objet prévus à l'article 11 ; elles produiront les mêmes effets à partir de la date de leur promulgation.

Art. 14. — Il sera perçu un droit de 0 fr. 50 c. par tonne de phosphate, marchand et prêt pour la vente, qui aura été extrait en Algérie.

Ce droit ne sera pas perçu sur les phosphates employés dans l'Algérie.

Art. 15. — Le Gouverneur général édictera, en Conseil de Gouvernement, les arrêtés nécessaires pour l'exécution du présent règlement.

Art. 16. — Les Ministres des Travaux publics, de l'Intérieur et des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois* et au *Bulletin officiel* du Gouvernement général de l'Algérie et publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 12 octobre 1895.

Signé : FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,
Signé : DUPUY-DUTEMPS.

Le Président du Conseil, Ministre des Finances,
Signé : RIBOT.

Le Ministre de l'Intérieur,
Signé : LEYGUES.

RECHERCHES

SUR LES QUANTITÉS DE

MATIÈRES FERTILISANTES

NÉCESSAIRES

A LA CULTURE INTENSIVE DE LA POMME DE TERRE

PAR

M. Aimé GIRARD

MEMBRE DE L'INSTITUT
PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS.

Les données que la science agricole possède au sujet des quantités de matières fertilisantes nécessaires au développement de la pomme de terre sont, en face des progrès modernes de la culture, devenues insuffisantes. C'est principalement sur les recherches faites par Boussingault à Bechelbronn, il y a soixante ans, que ces données reposent; mais les récoltes d'aujourd'hui ne sont plus les récoltes d'autrefois; les exigences des variétés nouvelles à grand rendement et à grande richesse ne nous sont pas connues et c'est chose certaine, *à priori,* qu'entre les unes et les autres, à ce point de vue, comme au point de vue de la teneur en matières utiles, doivent exister des différences.

En présence du grand développement qu'a pris, depuis quelques

années, la culture intensive de la pomme de terre, et pour éclairer les agriculteurs sur la question si importante des engrais que cette culture réclame, j'ai considéré comme utile de reprendre, dans son entier, la question de la détermination des quantités de matières fertilisantes enlevées au sol par la pomme de terre.

Pour que cette étude fût complète, j'ai pensé qu'elle devait comprendre deux parties distinctes, d'un côté la détermination des quantités de matières fertilisantes fixées par les tubercules récoltés, d'un autre une détermination toute semblable sur les touffes que développe la végétation aérienne de la plante.

De ces deux questions, la première est aisée à résoudre ; il n'en est pas de même de la seconde, celle-ci présente des difficultés sur lesquelles je dois d'abord insister.

Une première fois, en 1892, j'ai entrepris cette étude. Choisissant, dans mes cultures, une dizaine de variétés, j'ai soumis à l'analyse, pour chacune d'elles, d'un côté, les tubercules, d'un autre, les touffes entières.

Cette manière de faire — je l'ai reconnu depuis — était défectueuse, pour deux raisons.

En premier lieu, c'est une faute que de mettre au compte des matières fertilisantes exportées, et en bloc, celles que contiennent les feuilles et celles que contiennent les tiges ; en fin de campagne, en effet, si l'arrachage est retardé jusqu'au moment où la maturité des tubercules est complète, les tiges restent seules debout, toutes les feuilles desséchées sont tombées sur le sol et lui ont restitué les matières fertilisantes qu'elles avaient absorbées au cours de la végétation.

De là, pour obtenir le bilan exact de l'assimilation par la plante des matières fertilisantes, la nécessité de soumettre à la pesée d'abord, à l'analyse ensuite, d'un côté les tubercules, d'un autre les tiges effeuillées, d'un autre enfin, les feuilles elles-mêmes.

En second lieu, c'est une question délicate que de savoir à quel moment de la végétation il convient de placer ces pesées et ces analyses.

A première vue, il semble qu'il faille le faire au moment où la vé-

gétation atteint son maximum et avant que le feuillage commence à se flétrir; c'est vers la fin d'août, en général, que ce moment se rencontre pour les variétés demi-tardives et tardives.

Des doutes, cependant, me sont venus à ce propos, et je me suis demandé si l'étude des tiges et des feuilles, faite à ce moment, ne conduirait pas à exagérer le poids des matières fertilisantes exportées. A partir de ce moment, en effet, les tubercules, je l'ai constaté par l'expérience directe, continuent à s'enrichir, non seulement en fécule, mais encore en matières minérales, et, par suite, j'ai été conduit à me demander si, dans cette circonstance, les feuilles et les tiges ne se dépouillent pas d'une partie des matières fertilisantes qu'elles avaient précédemment immobilisées pour les délivrer aux tubercules; si, en un mot, la teneur des tiges et des feuilles mortes en azote, en acide phosphorique et en potasse n'est pas, à poids égal de substance sèche, moindre que celle des tiges et des feuilles fraîches, cet amoindrissement étant, bien entendu, indépendant de celui qui peut résulter de l'intervention de la pluie.

C'est en 1893 que j'ai cherché à résoudre cette question délicate. L'été de cette année se prêtait singulièrement à la solution. On sait combien la sécheresse a été grande alors; à la ferme de la Faisanderie, à Joinville-le-Pont, depuis la fin d'août jusqu'au moment de la dessiccation complète des touffes, il n'est pas tombé une goutte d'eau, et, par suite, je n'ai pas eu à me préoccuper de l'influence que le lavage des feuilles mourantes par la pluie aurait pu exercer.

Dans de semblables conditions, la question se ramène à comparer entre elles, au point de vue de leur composition, d'un côté les feuilles et les tiges vertes au moment de leur développement maximum, d'un autre, les feuilles et les tiges alors que, mortes et désséchées, elles constituent le résidu de la végétation.

Pour faire cette comparaison, c'était chose indispensable que de récolter ces dernières, aussitôt leur dépérissement, de façon à les soustraire à l'action des agents atmosphériques qui en auraient pu modifier la composition.

Dans ce but, j'ai, à la fin d'août et sur quatre variétés, opéré de la manière suivante :

Pour chacune de ces variétés, trois pieds ont été choisis parmi les plus vigoureux de la pièce et les touffes coupées au ras du sol ; puis les feuilles et les tiges de chaque touffe ont été séparés à la main, pesées et enfin soumises séparément à l'analyse chimique.

Dans la même pièce et au voisinage de ces trois pieds, trois autres ont été choisis ensuite, parmi les plus vigoureux également, aussi semblables que possible aux premiers et chacun d'eux a été marqué d'un piquet et numéroté. A chacun des douze pieds ainsi marqués, un petit sac de toile, soigneusement étiqueté, a été individuellement affecté, et tous, à partir de ce moment, ont été l'objet d'une surveillance attentive. Deux ou trois fois par semaine, suivant les circonstances, les uns et les autres étaient visités, l'état des feuilles attentivement vérifié, et de chaque pied, immédiatement, on détachait, pour les loger dans le sac correspondant, les feuilles dont la dessiccation annonçait le dépérissement.

La cueillette des feuilles a été ainsi continuée jusqu'à ce que, toutes ayant péri, les tiges mortes restassent seules absolument nues au-dessus des tubercules. Ces tiges sèches ont été alors coupées au ras du sol comme l'avaient été précédemment les touffes fraîches.

J'ai eu ainsi, entre les mains, les feuilles et les tiges, d'un côté des touffes en pleine végétation, d'un autre, des touffes mortes.

Les unes et les autres ont été alors séchées à 100° puis soumises à l'analyse dans le but de déterminer leur teneur en azote, en acide phosphorique et en potasse.

Sur les procédés à l'aide desquels cette analyse a été exécutée, il est inutile d'insister ; je me contenterai d'indiquer qu'après avoir séché feuilles et tiges à 100°, de façon à établir la comparaison sur des produits amenés préalablement au même état, la teneur en azote a été déterminée par le procédé Kjeldahl, l'acide phosphorique dosé à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, la potasse enfin à l'état de chloroplinate de potassium.

En opérant ainsi sur quatre variétés différentes, j'ai obtenu, pour

100 grammes de matière séchée à 100°, les proportions suivantes des trois éléments fertilisants :

		Feuilles récoltées		Tiges récoltées	
		vertes.	mortes.	vertes.	mortes.
Athènes	Azote	3.83	4.15	2.83	2.38
	Acide phosphorique	0.72	0.54	0.38	0.08
	Potasse	3.30	2.46	2.89	2.82
Gelbe rose	Azote	3.27	2.66	2.03	1.26
	Acide phosphorique	0.33	0.30	0.31	0.05
	Potasse	3.70	2.42	5.26	5.38
Charolaise	Azote	3.45	3.17	2.83	2.69
	Acide phosphorique	0.79	0.53	0.53	0.25
	Potasse	5.15	3.36	8.64	6.76
Institut de Beauvais	Azote	2.99	2.71	2.41	1.96
	Acide phosphorique	0.49	0.34	0.28	0.10
	Potasse	3.99	2.99	5.45	4.15

En étudiant les nombres qui précèdent, il est aisé de reconnaître qu'au dépérissement de la touffe, correspond la disparition d'une partie des éléments fertilisants logés dans le tissu des feuilles et des tiges ; sur les 24 résultats que ces nombres traduisent, deux fois seulement, une fois pour l'azote, une fois pour la potasse, des exceptions se sont produites, et c'est, à coup sûr, à quelque accident d'échantillonnage ou d'analyse que ces exceptions doivent être attribuées ; la concordance des 22 autres résultats autorise à considérer le phénomène comme constant.

Peu importante le plus souvent pour l'azote et l'acide phosphorique, en ce qui regarde les feuilles, peu importante également pour l'azote en ce qui regarde les tiges, la diminution devient considérable, au contraire, pour la potasse, en ce qui regarde les feuilles et les tiges ; en certaines circonstances, elle dépasse le tiers des proportions constatées dans les touffes fraîches ; elle dépasse la moitié, en ce qui concerne l'acide phosphorique primitivement contenu dans les tiges.

Dans les circonstances ordinaires, le remarquable phénomène que je viens de faire connaître pourrait être expliqué par l'action des pluies, mais, comme je l'ai fait fait remarquer déjà, les conditions météorologiques de 1893 obligent à écarter cette explication ; pen-

dant la durée entière de l'observation et de la récolte des feuilles, il n'est pas tombé à Joinville une seule goutte d'eau.

Il faut donc recourir à une autre hypothèse et admettre qu'à la fin de la végétation, une partie des matières fertilisantes contenues dans les tiges et dans les feuilles émigre vers les tubercules en même temps que les hydrates de carbone générateurs de fécule.

De là, la nécessité absolue de réserver spécialement à l'analyse les feuilles et les tiges récoltées au moment de leur dépérissement; à l'analyse des feuilles et des tiges fraîches, correspondraient, en effet, des dosages trop élevés.

C'est en 1894, qu'éclairé par les recherches précédentes, j'ai entrepris la détermination des quantités de matières fertilisantes consommées tant par la végétation souterraine que par la végétation aérienne de la pomme de terre et par conséquent le poids de ces matières exporté par les produits de la culture. Cette détermination, afin de lui donner autant de généralité que possible, a porté sur huit variétés, les unes hâtives comme l'Institut de Beauvais, la Gelbe rose et la Charolaise, les autres demi-tardives ou tardives comme la Red Skinned, l'Idaho, la Chardon, la Richter's Imperator et la Géante bleue.

Étude des tubercules. — Cultivées par moi, à la ferme de la Faisanderie, à Joinville-le-Pont, pendant dix années consécutives, les variétés que je viens de nommer ont, pour les dix récoltes correspondantes, fourni, d'une année à l'autre, des rendements souvent très différents. Conduites à toute époque d'après la même méthode, recevant les mêmes labours, les mêmes engrais, etc., mais placées sous la dépendance des conditions météorologiques de l'année, les cultures ont montré des variations qui, quelquefois, se sont élevées du simple au double.

Parmi ces rendements, ce sont, évidemment, les rendements maxima que j'ai dû choisir pour fixer les quantités maxima également, de matières fertilisantes exportées par la récolte des tubercules; les rendements moyens, en effet, n'eussent pas fait connaître la limite des exigences de la pomme de terre.

J'indique ci-dessous quels ont été, à la ferme de la Faisanderie, ces rendements maxima, en quelle année ils ont été obtenus et quelle a été, pour la campagne citée, la teneur en fécule des tubercules récoltés :

Richter's Imperator. . . .	35 000	kilogr.	à 20.50	p. 100	en 1895.
Géante bleue.	35 000	—	à 11.85	—	en 1892.
Red Skinned.	31 400	—	à 17	—	en 1887.
Idaho.	35 700	—	à 17.30	—	en 1890.
Institut de Beauvais. . . .	26 600	—	à 13.70	—	en 1893.
Charolaise.	28 400	—	à 15.10	—	en 1893.
Chardon	31 200	—	à 13	—	en 1887.
Gelbe rose	29 100	—	à 16	—	en 1888.

Ce sont là de grands rendements en poids auxquels ne correspond pas toujours, malheureusement, une richesse proportionnelle en matières sèches; de là la nécessité de tenir compte de l'hydratation des tubercules et de faire porter l'estimation des matières fertilisantes consommées par ceux-ci sur la matière préalablement desséchée à l'absolu.

Découpés en cossettes, les tubercules de ces huit variétés ont été, avec précaution, séchés à 100° et leur teneur en eau ainsi déterminée.

En tenant compte de l'espacement adopté pour la plantation (0m,60 sur 0m,50), ce qui correspond au nombre de 33 000 poquets environ à l'hectare, j'ai pu alors déterminer le poids de tubercules secs récolté à chaque poquet et récolté également sur un hectare de terrain; ces poids sont indiqués dans le tableau suivant :

	POIDS de tubercules frais au poquet	EAU p. 100.	POIDS de tubercules secs au poquet.	POIDS de tubercules secs à l'hectare
	—	—	—	—
	kilogr.		kilogr.	kilogr.
Richter's Imperator. . .	1,060	79.1	0,221	7 296
Géante bleue.	1,060	80.8	0,203	6 699
Red Skinned.	0,951	80.3	0,187	6 171
Idaho.	1,082	79.6	0,221	7 296
Institut de Beauvais. .	0,806	83.5	0,133	4 389
Charolaise.	0,860	79.1	0,180	5 940
Chardon.	0,945	80.9	0,187	6 171
Gelbe rose.	0,881	78.9	0,186	6 138

Aux cossettes desséchées à 100° de ces huit variétés, on a appliqué alors la méthode d'analyse précédemment indiquée et dans les tubercules de chacunes d'elles on a constaté la présence *par kilogramme de tubercules secs* des quantités ci-dessous de matières fertilisantes :

	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.
	gr.	gr.	gr.
Richter's Imperator. .	15,40	3,82	25,19
Géante bleue.	15,96	3,97	30,46
Red Skinned	18,48	3,52	31,68
Idaho.	16,24	3,80	26,72
Institut de Beauvais . .	21,84	4,46	33,61
Charolaise.	18,48	3,58	27,83
Chardon.	17,36	5,54	32,83
Gelbe rose.	19,88	3,85	28,22

C'est, on le voit, dans des limites peu étendues que varie, en général, le pourcentage de matières fertilisantes constaté par l'analyse dans les cossettes desséchées des huit variétés de pommes de terre sur lesquelles j'ai fait porter cette étude ; cependant, lorsqu'on applique ce pourcentage aux poids de tubercules récoltés à l'hectare, on voit apparaître chez ces huit variétés des exigences notablement différentes ; à la récolte totale correspondent alors, par hectare, les chiffres de consommation suivants :

	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Richter's Imperator. . .	112,3	27,87	183,8
Géante bleue.	106,9	26,59	204,0
Red Skinned	114,0	21,72	195,5
Idaho.	118,5	27,72	194,9
Institut de Beauvais . . .	95,8	19,57	147,5
Charolaise.	109,8	21,26	165,3
Chardon.	107,1	34,19	202,6
Gelbe rose.	122,0	23,63	173,2

Ce sont là des quantités considérables qui, dès à présent, conduisent à ranger la pomme de terre parmi les plantes les plus exigeantes en azote et en potasse. Sur l'importance de ces quantités,

je n'insisterai pas cependant pour le moment; c'est seulement lorsque, de même, les quantités de matières fertilisantes contenues dans les feuilles et dans les tiges auront été déterminées, qu'en examinant la question dans son ensemble, il conviendra de s'y arrêter.

. . .

. . . . .

Étude des touffes. — La première difficulté rencontrée au cours de cette étude devait être la détermination du poids représentant le développement maximum de la touffe et la répartition du poids de cette touffe entre les feuilles et les tiges dont elle est formée.

C'eût été s'exposer à des erreurs graves que d'adopter, d'une manière générale, et pour toutes les variétés, le poids constaté pour la touffe au cours d'une campagne unique. Les conditions météorologiques exercent, en effet, sur les unes et sur les autres, une influence quelquefois très différente, et l'on voit, pour une même campagne, la végétation de certaines variétés atteindre un développement considérable, alors que d'autres variétés, à côté de celles-ci, restent inférieures à ce qu'elles fussent devenues sous l'influence de conditions différentes.

Aussi, préoccupé comme j'ai dû l'être en entreprenant ces recherches, de reconnaître les quantités maxima de matières fertilisantes que la pomme de terre peut, dans les circonstances qui la favorisent le plus, immobiliser dans ses diverses parties, ai-je dû, pour fixer le poids maximum de la touffe des huit variétés étudiées, envisager à la fois les résultats constatés à la suite de plusieurs campagnes (1892, 1893, 1894 et 1895). Laissant de côté alors les pieds de dimensions exceptionnelles que l'on rencontre quelquefois dans les cultures soignées, j'ai fait porter mon choix en dehors de ceux-ci sur les touffes le plus régulièrement développées et dont la végétation était la plus belle.

Les pesées, d'ailleurs, ont toujours eu lieu sur un nombre de touffes assez grand pour qu'il fût possible de considérer la moyenne de ces pesées comme représentant la normale du maximum.

En opérant ainsi, j'ai été conduit à adopter, comme poids maximum d'une touffe, pour chacune de huit variétés étudiées, les nombres ci-dessous, nombres qui ensuite ont été appliqués aux

33000 poquets que comporte un hectare à l'espacement de 0m,60 sur 0m,50.

	POIDS DES TOUFFES	
	par pied.	par hectare.
	kilogr.	kilogr.
Richter's Imperator . . .	1,100	36,300
Géante bleue.	0,800	26,400
Red Skinned.	0,750	24,750
Idaho.	0,745	24,585
Institut de Beauvais . . .	0,723	23,859
Charolaise.	0,714	23,562
Chardon.	0,680	22,440
Gelbe rose.	0,650	21,450

Après avoir ainsi déterminé le poids maximum des touffes développées pour chacune de ces huit variétés, je me suis attaché à reconnaître les proportions relatives des feuilles et des tiges fraîches dont chacune d'elles était composée; pour la plupart des variétés, ces proportions se sont traduites par des chiffres très voisins les uns des autres, pour quelques-unes cependant, elles ont présenté des différences trop marquées pour qu'on les puisse négliger.

En outre, et pour pouvoir, ensuite, avec plus de précision établir la composition des diverses parties de la touffe, j'ai, pour chacune des variétés, déterminé l'état d'hydratation des tiges et des feuilles. Les proportions relatives des tiges et des feuilles par rapport à 100 de touffe, vérifiées à plusieurs reprises, ainsi que l'état d'hydratation des unes et des autres, correspondent aux chiffres ci-dessous :

	FEUILLES.		TIGES.	
	Poids p. 100 de touffe.	Eau p. 100 de feuilles.	Poids p. 100 de touffe.	Eau p. 100 de tiges.
Richter's Imperator . . .	40	85.40	60	89.37
Géante bleue.	34	76.09	66	89.64
Red Skinned.	38	83.60	62	90.19
Idaho.	43	84.32	57	90.82
Institut de Beauvais . . .	39	79.36	61	90.47
Charolaise.	45	85.66	55	91.16
Chardon.	40	82.65	60	93.58[1]
Gelbe rose.	38	78.31	62	89.57

1. La grande hydratation des tiges de la variété Chardon, qui paraît anormale, s'est vérifiée pour trois campagnes différentes (1892-1894-1896).

Rapportées aux poids de touffes précédemment fixés, les proportions ci-dessus conduisent à admettre les proportions suivantes, en poids, des feuilles et des tiges formant les touffes vertes de chaque variété :

	PAR TOUFFE.		A L'HECTARE.	
	Feuilles.	Tiges.	Feuilles.	Tiges.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Richter's Imperator . . .	0,440	0,660	14 520	21 780
Géante bleue.	0,272	0,528	8 976	17 424
Red Skinned	0,285	0,465	9 405	15 345
Idaho.	0,320	0,425	10 560	14 025
Institut de Beauvais. . .	0,282	0,441	9 306	14 553
Charolaise.	0,321	0,393	10 593	12 969
Chardon.	0,272	0,408	8 976	13 464
Gelbe rose.	0,247	0,403	8 151	13 299

Tels sont les poids de feuilles et de tiges vertes que développe, à chaque poquet et sur chaque hectare cultivé, la végétation de chacune des huit variétés dont j'ai entrepris de déterminer la capacité de consommation vis-à-vis des matières fertilisantes.

Ces poids de tiges et de feuilles sont beaucoup plus considérables qu'on ne l'avait cru jusqu'ici ; en outre, ils sont très différents d'une variété à l'autre ; c'est ainsi, par exemple, qu'on voit le poids des feuilles et des tiges de la Gelbe rose inférieur d'un bon tiers au poids des feuilles et des tiges de la Richter's Imperator.

Pour établir, cependant, le compte des quantités de matières fertilisantes empruntées au sol par ces huit variétés, il ne m'a pas semblé prudent de prendre, comme point de comparaison, les poids de feuilles et de tiges vertes qui viennent d'être déterminés pour chacune d'elles ; des conditions météorologiques spéciales à chaque campagne, en effet, peuvent déterminer dans l'état d'hydratation des unes et des autres des différences notables, et c'est sur le poids des feuilles et des tiges séchées à 100° qu'il convient de faire reposer la détermination des quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse absorbées par les touffes de la pomme de terre.

Si, d'ailleurs, on attribue aux feuilles et aux tiges vertes l'état d'hydratation moyen ci-dessus indiqué, on retombe, pour le poids du produit sec, sur des chiffres sensiblement égaux à ceux qu'a fournis,

en 1894, la pesée directe des feuilles et des tiges qui, après avoir été récoltées au jour le jour sur les touffes qui commençaient à faner, ont été ensuite séchées à 100°.

On est ainsi conduit à considérer les touffes des huit variétés mises en expérience comme formées d'une quantité de feuilles et de tiges qui, après dessiccation à 100°, représentent les poids suivants au poquet et à l'hectare :

	PAR POQUET.		A L'HECTARE.	
	Feuilles.	Tiges.	Feuilles.	Tiges.
	gr.	gr.	kilogr.	kilogr.
Richter's Imperator . . .	64	70	2 112	2 310
Géante bleue.	65	55	2 145	1 815
Red Skinned	47	46	1 551	1 518
Idaho.	50	39	1 650	1 287
Institut de Beauvais . . .	58	42	1 914	1 386
Charolaise.	46	35	1 518	1 155
Chardon.	47	26[1]	1 551	858[1]
Gelbe rose.	53	42	1 749	1 386

C'est sur les feuilles et sur les tiges récoltées comme je l'ai précédemment indiqué, au fur et à mesure de leur dépérissement et après les avoir, ainsi qu'il vient d'être dit, séchées à 100°, que j'ai fait porter l'analyse.

J'ai ainsi obtenu, par kilogramme de feuilles séchées à 100° et pour chacune des huit variétés étudiées, les poids suivants d'azote, d'acide phosphorique et de potasse :

	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.
	gr.	gr.	gr.
Richter's Imperator. . .	33,13	5,24	37,17
Géante bleue.	31,26	5,78	39,67
Red Skinned	25,20	4,91	39,30
Idaho.	34,53	4,91	44,14
Institut de Beauvais . .	34,06	5,13	33,91
Charolaise.	29,86	4,55	30,05
Chardon.	36,40	5,14	50,85
Gelbe rose.	27,06	5,37	35,99

1. C'est à la grande hydratation des tiges de la variété Chardon qu'est due la faiblesse de ce chiffre.

Appliquées aux poids de feuilles sèches développées à l'hectare, ces teneurs correspondent à une consommation de :

	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.
	—	—	—
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Richter's Imperator. . . .	70,00	11,06	78,50
Géante bleue.	67,05	12,40	85,09
Red Skinned	39,08	7,67	60,95
Idaho.	56,97	8,10	72,83
Institut de Beauvais . . .	65,19	9,82	64,90
Charolaise.	45,32	6,90	45,61
Chardon.	56,45	7,97	78,86
Gelbe rose.	47,32	9,39	62,91

L'analyse des tiges a, dans les mêmes conditions, donné, par kilogramme de tiges séchées à 100°, les nombres ci-dessous :

	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.
	—	—	—
	gr.	gr.	gr.
Richter's Imperator . . .	13,10	1,54	42,94
Géante bleue.	18,55	2,94	57,15
Red Skinned.	19,95	2,30	54,54
Idaho.	18,90	2,66	53,84
Institut de Beauvais . . .	17,85	2,10	64,73
Charolaise.	18,20	2,20	60,19
Chardon.	24,15	2,58	68,46
Gelbe rose.	19,25	2,58	47,70

Appliqués aux poids de tiges sèches développées à l'hectare, ces poids correspondent à une consommation moyenne de :

	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.
	—	—	—
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Richter's Imperator . . .	30,26	3,55	99,19
Géante bleue.	33,66	5,33	103,72
Red Skinned	30,28	3,49	82,79
Idaho.	24,32	3,42	69,29
Institut de Beauvais . . .	24,74	2,91	89,71
Charolaise.	21,02	2,54	69,52
Chardon.	20,72	2,21	58,74
Gelbe rose.	26,68	3,57	66,11

A l'aide des données qui précèdent on peut alors établir le compte

exact des quantités de matières fertilisantes qui, pour les huit variétés soumises à l'étude, correspondent aux récoltes maxima; ce compte est fourni par la somme des quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse constatées à l'analyse dans les poids maxima également de tubercules, de feuilles et de tiges produit sur un hectare ; on trouve ainsi :

Poids d'azote, d'acide phosphorique et de potasse enlevés à l'hectare par les récoltes maxima de tubercules, de feuilles et de tiges.

		TUBERCULES.	FEUILLES.	TIGES.	TOTAL.
		kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Richter's Imperator.	Azote	112,30	70,00	30,26	212
	Acide phosphorique.	27,87	11,06	3,55	42
	Potasse.	183,80	78,50	99,19	361
Géante bleue.	Azote	106,90	67,05	33,66	208
	Acide phosphorique.	26,59	12,40	5,33	44
	Potasse.	204,00	85,09	103,72	393
Red Skinned.	Azote	114,00	39,08	30,28	183
	Acide phosphorique.	21,72	7,61	3,49	33
	Potasse.	195,50	60,95	82,79	339
Idaho . . .	Azote	118,50	56,97	24,32	200
	Acide phosphorique.	27,72	8,10	3,42	39
	Potasse.	194,90	72,83	69,29	337
Institut de Beauvais.	Azote	95,80	65,19	24,74	186
	Acide phosphorique.	19,57	9,82	2,91	32
	Potasse.	147,50	64,90	89,71	302
Charolaise. .	Azote	109,80	45,32	21,02	176
	Acide phosphorique.	21,26	6,90	2,54	31
	Potasse.	165,30	45,61	69,52	280
Chardon . .	Azote	107,10	56,45	20,72	184
	Acide phosphorique.	34,19	7,97	2,21	44
	Potasse.	202,60	78,86	58,74	340
Gelbe rose .	Azote	122,00	47,32	26,68	196
	Acide phosphorique.	23,63	9,39	3,57	37
	Potasse.	173,20	62,94	66,11	302

De l'examen des chiffres inscrits au tableau qui précède résulte aussitôt cette conséquence que la présence dans le sol d'une quantité considérable de matières fertilisantes est indispensable au succès de la culture intensive de la pomme de terre.

Les exigences de la plante, cependant, n'ont rien d'incompatible avec les coutumes de la culture perfectionnée d'aujourd'hui, et c'est

sur l'emploi d'engrais naturels ou complémentaires renfermant les quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse constatées par les analyses ci-dessus que mes plus habiles collaborateurs ont, depuis dix ans, basé leurs opérations.

La plupart de ceux auxquels les rendements de 30 000 et 35 000 kilogrammes de tubercules riches sont familiers apportent à l'hectare environ :

35 000 kilogr. de fumier,
200 — de nitrate de soude,
400 — de superphosphate riche,
300 — de sulfate de potasse,

ou l'équivalent en autres produits.

Or, si l'on admet que les fumiers d'exploitations bien tenues comme celles sur lesquelles ces cultures ont lieu sont riches à 0.5 p. 100 d'azote, 0.25 p. 100 d'acide phosphorique et 0.7 p. 100 de potasse, on trouve que l'emploi des quantités d'engrais ci-dessus indiquées correspond aux apports suivants :

	AZOTE. — kilogr.	ACIDE phosphorique. — kilogr.	POTASSE. — kilogr.
Par le fumier.	175	87,5	245
Par le nitrate.	32	»	»
Par le superphosphate . .	»	60	»
Par le sulfate de potasse .	»	»	108
TOTAL . .	207	147,5	353

Pour mes cultures personnelles, à Joinville-le-Pont, sur le terrain graveleux et pauvre de la ferme de la Faisanderie, j'ai généralement employé comme fumure :

35 000 kilogr. de fumier de mouton.
250 — de nitrate de soude.
400 — de superphosphate riche.
200 — de sulfate de potasse.

Le fumier de la bergerie de Joinville, où, pendant l'hiver, les moutons sont nourris de luzerne sèche et de betteraves, renferme, d'ailleurs, 0.65 p. 100 d'azote, 0.30 p. 100 d'acide phosphorique

et 1.50 p. 100 de potasse, de telle sorte qu'à l'emploi des engrais ci-dessus correspond à l'hectare un apport de :

	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.
	—	—	—
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Par le fumier.	162,5	75	375
Par le nitrate.	40	»	»
Par le superphosphate . .	»	60	»
Par le sulfate de potasse .	»	»	72
TOTAL . .	202,5	135	447

Si l'on compare alors ces divers apports aux quantités moyennes de matières fertilisantes absorbées par les récoltes maxima, quantités moyennes qui, d'après le tableau précédent, s'élèvent aux chiffres suivants :

Azote.	193	kilogr. par hectare.
Acide phosphorique. . .	38	—
Potasse.	332	—

On reconnaît que ces apports suffisent aux exigences des plus belles récoltes et, pour l'acide phosphorique particulièrement, les dépassent de beaucoup.

L'achat de quantités d'engrais aussi considérables viendrait, cependant, grever la culture de frais élevés et diminuer dans une mesure importante les bénéfices si l'exportation en devait être totale.

Il n'en est rien, heureusement, et si le travail est bien conduit, la culture doit récupérer la moitié environ de ces engrais.

Tout d'abord, il convient de faire remarquer qu'à l'époque de la maturité, toutes les feuilles de la touffe se détachant des tiges retombent sur le sol, y pourrissent et rendent par conséquent à celui-ci toute la matière fertilisante logée dans leurs tissus. C'est là, en dehors de la question d'enrichissement des tubercules, une des raisons qui doivent faire considérer l'arrachage des plantes encore vertes ou partiellement vertes comme une coutume absolument défectueuse ; les quantités d'azote et de potasse surtout que les feuilles contiennent sont considérables, souvent elles représentent le tiers de la consommation totale faite par la plante et leur intervention à la culture prochaine ne doit pas être négligée.

C'est, d'autre part, une coutume très fâcheuse que celle de brûler les tiges sur le champ, après l'arrachage. Sans doute, on retrouve bien ainsi dans les cendres l'acide phosphorique et la potasse, mais tout l'azote est perdu. Or, la quantité de cet élément fertilisant que renferment les tiges est importante ; en moyenne, elle est de 27 kilogr. à l'hectare, ce qui, au prix de 1 fr. 50 c. le kilogramme, équivaut à une perte qui dépasse 40 fr. à l'hectare également.

Les tiges doivent donc être soigneusement recueillies et jointes aux fumiers ; là elles se transforment rapidement et les éléments fertilisants qu'elles ont exportés du champ s'y retrouvent bientôt, à l'état assimilable.

A Joinville-le-Pont, M. Lachouille, régisseur de la ferme de la Faisanderie, en a fait, pendant plusieurs années, la litière des 500 moutons que comptait son troupeau et il en a obtenu un fumier particulièrement riche.

Ce serait donc une erreur que de considérer les matières fertilisantes absorbées par les feuilles et par les tiges comme réellement perdues pour l'exploitation ; naturellement pour les feuilles, artificiellement pour les tiges, elles doivent rester à la ferme, et c'est en somme aux quantités absorbées par les tubercules seuls que doit se borner l'exportation des engrais délivrés au sol.

La réduction que subissent, lorsqu'il en est ainsi, les chiffres précédents, est considérable ; si l'on se reporte au tableau que j'ai précédemment donné des quantités consommées par les diverses parties de la plante, on voit que l'exportation se limite alors aux chiffres ci-dessous :

	AZOTE.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Richter's Imperator	112,30	27,87	183,80
Géante bleue	106,90	26,59	204,00
Red Skinned	114,00	21,72	195,50
Idaho	118,50	27,72	194,90
Institut de Beauvais	95,80	19,57	147,50
Charolaise	109,80	21,26	165,30
Chardon	107,10	34,19	202,60
Gelbe rose	122,00	23,63	173,20
Moyennes	110,80	25,31	188,35

En étudiant les chiffres qui précèdent, on est conduit à faire, au sujet des quantités de matières fertilisantes exigées par les grosses récoltes de pommes de terre, quelques observations intéressantes.

En ce qui concerne les quantités d'azote exportées par les tubercules, on reconnaît ainsi que ces quantités varient peu, quelle que soit la variété cultivée; cette quantité, sauf deux exceptions (Institut de Beauvais = 95^{kg},88 et Gelbe rose = 122 kilogr.), reste généralement comprise entre 105 et 120 kilogr. à l'hectare.

L'exportation de l'acide phosphorique est relativement faible; elle ne représente pas, en moyenne, plus de 25^{kg},31 à l'hectare et l'on peut se demander, par suite, si les grandes quantités de phosphate employées jusqu'ici par la culture et qui, généralement, représentent 100 ou 150 kilogr. d'acide phosphorique, sont réellement nécessaires. Mais, à ce sujet, il faut se garder de tirer une conclusion trop hâtive. La pratique jusqu'ici a semblé justifier cet emploi et l'on sait qu'en certaines circonstances on voit, par suite d'une influence encore inexpliquée, la présence des superphosphates, alors même que ceux-ci ne sont pas absorbés par les plantes, entraîner une utilisation plus importante des autres éléments fertilisants.

La consommation de la potasse par la pomme de terre est au contraire considérable; les quantités qu'en exporte la récolte des tubercules sur un hectare s'élèvent en moyenne à 183 kilogr. Ce chiffre suffirait à montrer combien est grande l'influence des composés potassiques sur le développement de cette plante; mais, en comparant entre eux les chiffres correspondant aux huit variétés étudiées, on trouve de cette influence une démonstration décisive.

D'une manière générale, en effet, et sans tenir compte de la richesse en fécule de récoltes obtenues en des années différentes et sous des conditions météorologiques différentes aussi, on peut considérer les quatre premières variétés : Richter's Imperator, Géante bleue, Red Skinned et Idaho comme des variétés à grande richesse, les quatre autres, Institut de Beauvais, Charolaise, Chardon et même Gelbe rose comme des variétés à richesse moyenne.

Or, on voit, d'après les résultats fournis par l'analyse, les premières consommer, par hectare et pour les tubercules seuls, 195 kilogr. de potasse en moyenne, tandis que pour les secondes, cette con-

sommation ne dépasse pas 172 kilogr. La différence est de 23 kilogr. par hectare. Et si, aux quantités exportées par les tubercules, on joint celles que l'analyse fait reconnaître dans les feuilles et dans les tiges, la différence devient plus marquée encore. C'est au chiffre moyen de 357 kilogr. par hectare que s'élève, pour les variétés à grande richesse, le poids de potasse nécessaire à la plante entière, alors que, pour les variétés à richesse moyenne, ce poids se limite à 306 kilogr. ; la différence est de 51 kilogr. par hectare.

L'influence des composés potassiques sur la richesse en fécule des pommes de terre, au sujet de laquelle on rencontre des opinions si opposées, me semble être définitivement établie par cette observation.

En terminant cette étude, il m'a semblé intéressant de comparer les dépenses en engrais qu'exige la culture de la pomme de terre à grand rendement et à grande richesse à celles auxquelles la culture de la betterave fourragère a, dès longtemps, habitué nos cultivateurs.

Des chiffres que MM. Muntz et Ant. Ch. Girard ont adoptés dans leur *Traité des engrais,* comme représentant la moyenne des observations faites par divers expérimentateurs sur la culture de la betterave fourragère, il résulte qu'une récolte de 50 000 kilogr. à l'hectare exporte par ses racines :

90 kilogr. d'azote,
40 — d'acide phosphorique,
215 — de potasse,

alors que, ainsi que je viens de l'établir, une récolte de 35 000 kilogr. de pomme de terre riche, de la variété Richter's Imperator, par exemple, exporte par ses tubercules, à l'hectare :

112^{kg},3 d'azote.
27 ,9 d'acide phosphorique.
183 ,8 de potasse.

Si, partant de ces données, on met en parallèle, d'un côté, une bonne récolte de 50 000 kilogr. de betterave fourragère, d'un autre,

une bonne récolte de 30 000 kilogr. de pomme de terre riche exportant par ses tubercules,

96^{kg},2 d'azote,
23 ,7 d'acide phosphorique,
157 ,4 de potasse,

on voit, qu'au point de vue de la dépense en engrais, la betterave a exigé, il est vrai, 6^{kg},2 d'azote en moins que la pomme de terre, mais a exigé aussi 16^{kg},3 d'acide phosphorique et 57^{kg},6 de potasse en plus que celle-ci.

Si, en face de ces dépenses, on considère les prix de vente de 50 000 kilogr. de betteraves à 16 fr. la tonne, soit 800 fr., et de 30 000 kilogr. de pommes de terre à 32 fr., soit 960 fr., d'où résulte une différence de 160 fr. à l'hectare, on est conduit à regarder, au point de vue des dépenses en engrais, la culture intensive de la pomme de terre riche et à grand rendement comme plus rémunératrice que celle de la betterave fourragère.

SUR LE DOSAGE

DE

LA QUANTITÉ DE BEURRE

CONTENU DANS LA MARGARINE

PAR MM.

Achille MÜNTZ

MEMBRE DE L'INSTITUT
PROFESSEUR-DIRECTEUR DES LABORATOIRES DE CHIMIE
A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

H. COUDON

CHEF ADJOINT DES TRAVAUX CHIMIQUES
A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

La recherche de la margarine dans le beurre a fait l'objet de nombreux travaux, qui ont abouti à la possibilité de reconnaître un mélange frauduleux, lorsqu'il est fait dans de certaines proportions. L'interdiction de toute addition de margarine au beurre permet, d'ailleurs, de regarder comme fraudés tous les beurres dans lesquels on a pu déceler la présence de la margarine, en quelque minime quantité que ce soit.

La nouvelle législation qui régit la fabrication et le commerce de la margarine oblige à chercher la solution d'un problème inverse, celui de la détermination du beurre dans la margarine. En effet, la loi du 10 avril 1897 autorise les fabricants de margarine à introduire du beurre dans les graisses comestibles qu'ils mettent en œuvre. Mais c'est dans une mesure strictement limitée que cette autorisation a été donnée, et le législateur a fixé à 10 p. 100 le maximum de

beurre qui peut exister dans les margarines, en y comprenant non seulement le beurre ajouté en nature, mais aussi celui qu'y apporte le lait incorporé en cours de fabrication.

Le problème, ici, se présente donc sous une forme différente. Il ne sert de rien de constater l'addition du beurre dans la margarine, puisque cette addition est autorisée dans une certaine proportion. Dans le cas présent, c'est une question de dosage qui doit intervenir, et l'analyse qualitative n'a pas sa raison d'être.

Il faut établir une méthode d'analyse quantitative, permettant de dire si un produit, vendu comme margarine, est bien dans les conditions fixées par la loi; offrant une précision et une sûreté suffisantes pour permettre aux tribunaux de réprimer toute addition de beurre dépassant la limite assignée et donnant, d'un autre côté, aux producteurs de margarine qui se seront conformés strictement aux indications de la loi, toute garantie contre des résultats erronés de l'expertise et les condamnations qui pourraient en être la conséquence.

L'autorisation d'introduire une certaine quantité de beurre dans la margarine a eu pour objet de permettre à cette graisse alimentaire, qu'on doit d'ailleurs regarder comme offrant une ressource précieuse à l'alimentation publique, de se présenter au consommateur sous une forme plus agréable et de lui donner des qualités sapides qui font accepter ce produit plus facilement, tout en lui gardant son état de graisse, différente du beurre de vache.

Ce qui a porté le législateur à interdire l'introduction d'une plus forte proportion de beurre, c'est la crainte de voir, dans ces graisses, prédominer l'apparence et le goût du beurre naturel, au point de permettre la confusion des deux produits et de faire naître la possibilité d'une substitution de margarine, fortement mélangée de beurre, au beurre pur.

La détermination précise de la quantité introduite est donc un problème qui intéresse, au même degré, les tribunaux chargés de l'application de la loi et les industriels qui veulent se tenir dans les limites qui leur ont été fixées.

Pour retrouver le beurre et en déterminer la proportion, il était nécessaire de chercher son caractère le plus constant et celui qui, en

même temps, s'éloigne le plus des caractères des graisses qui constituent les margarines.

Il convient de rappeler que les margarines commerciales, quel que soit le nom sous lequel on les vend, sont essentiellement constituées par de la graisse de bovidés.

Le suif en branches est apporté de l'abattoir à l'usine encore tiède, il est séché rapidement puis fondu, après découpage et broyage, dans des cuves en sapin contenant de l'eau chauffée à 60 degrés environ par de la vapeur. La graisse limpide, décantée après dépôt, forme ce que l'on appelle les *premiers jus,* dont une partie est conservée en nature, tandis que l'autre sert à la préparation de l'*oléo,* qui se fabrique de la façon suivante :

Le premier jus est maintenu, pendant douze à vingt-quatre heures, dans des chambres chauffées à 38 degrés. La stéarine cristallise et l'oléine, ou oléo, qui reste liquide à cette température, est extraite par pression.

Cette *oléine,* ou *oléo,* ou encore *oléo-margarine,* est le principal constituant de la margarine. On lui adjoint d'autres graisses, dont la proportion varie suivant les saisons, de telle sorte que la consistance des produits fabriqués soit toujours à peu près la même.

Dans la période d'été, alors que la température est élevée, les margarines contiennent généralement de plus grandes quantités de graisses consistantes, premiers jus, destinées à empêcher leur ramollissement. Dans la période d'hiver, au contraire, par les temps froids, on y introduit des quantités plus élevées de graisses fluides, telles que l'oléo, les huiles végétales, qui les empêchent de durcir outre mesure.

Par cette pratique, on obtient un produit assez régulier, quant à la consistance, et qui se présente sous le même aspect, quelle que soit la température ambiante.

Ce qu'en terme commercial on appelle *oléo,* ou *oléo-margarine,* ne doit pas être confondu avec la *margarine proprement dite.* L'*oléo-margarine* est une graisse pure de bovidés, éther oléique de glycérine, d'un point de fusion de 29 à 33 degrés, sans mélange d'eau ni de lait, ne constituant pas une émulsion. Elle ne peut donc pas être regardée comme un succédané du beurre, auquel elle ne ressemble

nullement. Elle est la matière première de la fabrication de la margarine, dont elle constitue la majeure partie, comme il a été dit plus haut. Elle ne devient margarine que par son barattage avec du lait, qui la transforme en émulsion dont l'apparence se rapproche alors de celle du beurre.

Si la constitution chimique de ces diverses graisses était sensiblement différente, il y aurait de grandes difficultés pour le dosage du beurre dans la margarine. Mais, comme on va le voir, ces différences n'existent pas, ou sont tout au moins insignifiantes, de telle sorte que les résultats de l'analyse ne sont pas affectés par la substitution de ces graisses les unes aux autres, quelle qu'en soit la proportion.

Ce point est précieux à noter, car il fournit la base la plus sérieuse à la détermination quantitative du beurre introduit dans un mélange.

C'est ici le moment d'examiner quels sont les caractères constants des diverses graisses servant de base à la fabrication de la margarine, et en quoi leur constitution diffère de celle du beurre de vache.

Tous ces produits ont une propriété commune : ils sont constitués, en totalité, par des glycérides à acides gras fixes. Tout au plus peut-on y déceler une faible trace, à peu près toujours la même, de glycérides à acides volatils. Si l'on fait le dosage de ces derniers, on en trouvera donc toujours une très minime proportion, très sensiblement la même, soit qu'on opère sur ces corps gras séparés, soit qu'ils se présentent à l'état de mélange, plus ou moins complexe, et dans les proportions les plus variées. Voilà un caractère sur lequel on peut fonder une base solide de recherches.

Le beurre, au contraire, contient toujours une très notable proportion de glycérides à acides volatils et cette proportion, sans être invariable, est cependant comprise entre des limites assez rapprochées. La différence de teneur en acides volatils des graisses indiquées plus haut et du beurre naturel est à tel point considérable que la plus petite quantité de beurre introduite dans ces graisses augmente, dans une proportion frappante, leur teneur en acides volatils.

Ces principes étant exposés, nous allons décrire le procédé qu'il convient de suivre pour le dosage rigoureux des acides volatils contenus dans les graisses.

Description de la méthode.

Préparation de l'échantillon. — Les analyses ne doivent jamais être faites sur le produit en nature qui contient, outre la matière grasse proprement dite, des quantités variables d'eau. Cette eau provient du lait et de l'eau introduits dans la margarine, au cours de sa fabrication, et du beurre lui-même qui en apporte une certaine proportion.

Pour obtenir des résultats réguliers et constants, il convient d'éliminer cette eau et de ne considérer que la matière grasse elle-même, qui est le véritable constituant de la margarine.

Les résultats seront donc toujours rapportés, non au produit tel que le fournit le commerce, mais à la matière grasse qu'il renferme. De là, l'obligation de séparer cette matière grasse et de l'isoler de la solution aqueuse qui l'accompagne, ainsi que de la caséine qui s'y trouve mélangée.

C'est par la fusion et la filtration qu'il faut séparer la matière grasse. La margarine est introduite dans un verre à précipiter, qu'on place dans une étuve à 60 degrés. On la laisse fondre tranquillement, sans aucune agitation. Il se forme alors une couche huileuse qui surnage un liquide aqueux tenant en suspension de volumineux flocons de caséine. Quelques-uns de ces flocons nagent souvent à la surface de la margarine fondue.

La couche de graisse est soigneusement décantée sur un filtre, placé dans l'étuve même. On évite complètement l'entraînement, sur le filtre, des gouttelettes d'eau. On a ainsi séparé la matière grasse, et c'est sur celle-ci que doit porter l'analyse.

La graisse filtrée, encore liquide et rendue homogène par l'agitation, est introduite dans deux ou trois flacons bien propres et secs, qu'on remplit entièrement, qu'on bouche et qu'on conserve à l'abri de la lumière.

Ces précautions sont indispensables si l'on veut conserver la graisse

pendant un certain temps dans le but de vérifier les opérations ayant trait à son examen.

Dans les flacons, la matière se sépare ordinairement, par le refroidissement, en parties solides et en parties liquides. Quand on veut en prélever une partie pour l'examen, il faut lui rendre son homogénéité. On chauffe le flacon entre 40 et 50 degrés pour liquéfier toute la masse de l'échantillon et l'on agite alors vivement.

Saponification. — La saponification, en vue du dosage des acides gras volatils, se fait de la manière suivante :

Dans un verre cylindrique, à bec, d'un diamètre de $0^m,05$ et d'une hauteur de $0^m,07$ et qu'on tare sur le plateau d'une balance pouvant peser au milligramme, on introduit 5 gr. de graisse fondue et parfaitement homogène, à l'aide d'un tube étiré, et en évitant de faire tomber des gouttelettes sur la paroi intérieure. Elle doit, en effet, être réunie tout entière au fond du verre.

Avant que la graisse soit figée, on ajoute $2^{cc},5$ d'une solution concentrée de potasse, dont nous donnons la préparation plus loin. A l'aide d'un agitateur, on fait un mélange intime qui se transforme, presque aussitôt, en une émulsion épaisse. On continue à agiter pendant vingt minutes, afin de mettre toutes les particules de matière grasse en contact intime avec la potasse. La masse qui s'est échauffée et épaissie est portée à l'étuve à 40-50 degrés, et la saponification est complète lorsque la matière est devenue dure.

A cette masse de savon, on ajoute 80 centimètres cubes d'eau bouillante et l'on agite pour faire dissoudre, en plaçant le verre sur un bain de sable chaud.

On obtient un liquide limpide qu'on introduit dans le ballon à distillation, à l'aide d'un petit entonnoir. Ce ballon, d'une capacité de 350 à 400 centimètres cubes, a un col étiré par lequel on le relie à un réfrigérant ; on y a soudé, en outre, un tube permettant l'introduction de l'eau. Le verre et l'entonnoir sont lavés soigneusement avec de petites quantités d'eau bouillante, afin que le savon soit intégralement introduit dans le ballon.

Le volume total du liquide ne doit pas dépasser 100 centimètres cubes.

Mise en liberté des acides gras. — On met les acides gras en liberté en saturant la potasse par un acide énergique. Celui qu'il convient d'employer, c'est l'acide phosphorique, en raison de sa fixité.

Mais, pour éviter complètement tout entraînement d'acide phosphorique qui pourrait influer sur le titrage des acides gras volatils, il convient de n'employer l'acide phosphorique que dans la proportion nécessaire pour saturer la potasse, avec un très léger excès pour donner une réaction acide très nette.

Il faut donc mesurer l'acide phosphorique à employer.

Pour cela, on prend $2^{cc},5$ de la solution de potasse qui sert à la saponification, on les teinte par le tournesol et l'on détermine la quantité de solution d'acide phosphorique nécessaire pour obtenir une réaction faiblement, mais nettement acide. C'est cette même quantité qu'on emploie pour décomposer le savon contenu dans le ballon.

La solution d'acide phosphorique a d'ailleurs été préparée en dissolvant l'acide phosphorique sirupeux dans deux ou trois fois son volume d'eau.

L'addition de l'acide phosphorique a eu lieu dans le ballon à distiller où se trouve le savon; les acides gras mis en liberté forment alors des flocons laiteux.

Pour régulariser l'ébullition pendant la distillation, on ajoute, après l'acide phosphorique, quelques grains de pierre ponce.

Avant de procéder à la distillation des acides gras, il faut éliminer complètement l'acide carbonique que la potasse aurait pu absorber au cours des opérations. On sait, en effet, que cet acide carbonique fausserait les titrages. Pour l'enlever, on soumet au vide, dans le ballon même, le mélange rendu acide par l'acide phosphorique. On maintient le vide pendant dix à quinze minutes, à froid, en agitant pour faciliter le départ de l'acide carbonique.

Distillation des acides gras. — On attelle le ballon au réfrigérant, en le plaçant lui-même dans un bain de chlorure de calcium d'une concentration telle qu'il marque à l'ébullition environ 120 degrés. Un récipient rempli d'eau est, d'ailleurs, disposé pour maintenir constant le niveau du bain de chlorure.

Le produit de la distillation, condensé par le réfrigérant, se déverse sur un petit filtre en papier Berzélius qui a été préalablement mouillé par de l'eau et qui est placé sur une carafe jaugée de 400 centimètres cubes.

Ce filtre est destiné à retenir les acides insolubles dans l'eau, qui sont entraînés dans le cours de la distillation.

On sépare ainsi le produit distillé en deux fractions :

1° Les acides solubles dans l'eau qui comprennent, presque exclusivement, l'acide butyrique et l'acide caproïque ;

2° Les acides insolubles dans l'eau qui, arrosés constamment par le liquide aqueux condensé, de moins en moins chargé d'acides solubles, sont dépouillés, par ce lavage méthodique, des acides solubles qu'ils pouvaient retenir.

Ceci étant dit par anticipation, voici comment on conduit la distillation :

Le bain de chlorure de calcium étant maintenu à l'ébullition, on laisse d'abord distiller presque entièrement les 100 centimètres cubes qui avaient servi à dissoudre le savon et à opérer les lavages. Quand il ne reste plus dans le ballon qu'environ 5 centimètres cubes d'eau, ce qu'il est très facile de voir, on ajoute par la tubulure latérale, qui porte un caoutchouc et une pince, et à l'aide d'une pipette graduée, environ 20 centimètres cubes d'eau bouillante.

Le bout étiré de la pipette est au préalable introduit dans le tube de caoutchouc ; on ouvre ensuite la pince et on laisse s'écouler le liquide jusqu'à la partie inférieure de la pipette, en fermant la pince avant que l'écoulement soit complet.

De cette façon, le contenu du ballon n'est jamais en communication avec l'air extérieur, et aucun dégagement de vapeurs acides ne peut se produire.

Lorsque le liquide aqueux dans le ballon a de nouveau atteint un volume d'environ 5 centimètres cubes, on répète cette addition de 20 centimètres cubes d'eau, et cela jusqu'à ce que le volume du liquide recueilli soit de 400 centimètres cubes.

L'opération dure près de cinq heures ; on peut en conduire huit ou dix à la fois.

Il est indispensable d'opérer ces introductions d'eau en se servant

d'eau distillée préalablement bouillie et ainsi débarrassée d'acide carbonique.

L'appareil doit être disposé de telle façon qu'aucune trace de chlorure de calcium du bain ne puisse s'introduire dans le ballon.

On a ainsi recueilli : dans la carafe, 400 centimètres cubes d'eau renfermant les acides gras volatils solubles; sur le filtre, des acides volatils insolubles qui se présentent sous forme de gouttelettes huileuses, ou sous celle d'un magma volumineux dans lequel l'eau entre pour la plus grande partie.

Titrage des acides volatils solubles. — Le liquide qui a été recueilli et que le filtre a débarrassé des acides insolubles est souvent un peu opalescent, ce qui est dû à des traces d'acides gras insolubles qui ont été entraînés. Il n'y a pas lieu de se préoccuper de cette opalescence et l'on procède au titrage par de l'eau de chaux.

L'indice du virage est la phtaléine de phénol, dont on fait une solution à 1 p. 100 dans l'alcool; dix gouttes suffisent pour le volume recueilli.

On titre avec l'eau de chaux contenue dans une burette graduée. On s'arrête dès que la coloration rose apparaît dans toute la masse du liquide, bien agité, et persiste pendant quelques secondes.

On lit alors le volume d'eau de chaux versé et l'on exprime les acides volatils en acide sulfurique monohydraté, le titre de l'eau de chaux ayant été pris avec de l'acide sulfurique titré.

Préparation de la solution de potasse. — Pour que ce mode opératoire réussisse complètement, il faut opérer avec une solution de potasse très concentrée et débarrassée de sels potassiques.

On emploie la potasse purifiée par la dissolution dans l'alcool, exempte ainsi de carbonate et de sulfate. Ce produit se trouve dans le commerce sous le nom de *potasse à l'alcool.*

On en fait une dissolution saturée à la température de 20 degrés; comme les produits commerciaux sont plus ou moins secs, on opère de la façon suivante :

Environ 120 gr. de potasse sont dissous, à l'abri de l'air, par de

l'eau chaude ajoutée par petites quantités, de telle façon que le volume final de la dissolution encore tiède ne dépasse pas 100 centimètres cubes. Cette solution est, dans tous les cas, assez concentrée. Si elle venait à cristalliser par le refroidissement, on redissoudrait en chauffant au bain-marie et l'on ajouterait de petites quantités d'eau jusqu'à ce que toute la potasse reste dissoute à la température d'environ 20 degrés et commence à former un dépôt cristallin audessous de cette température.

On a ainsi une dissolution de potasse dont l'action sur les matières grasses du beurre et des produits qu'on y introduit frauduleusement est extrêmement rapide.

Résultats du dosage des acides volatils dans les matières premières.

Le mode opératoire étant ainsi rigoureusement fixé, voyons les résultats qu'il donne quand on l'applique aux graisses de diverse nature, aux huiles, au beurre, c'est-à-dire à toutes les substances qui entrent dans la constitution de la margarine. Nous verrons ensuite comment ce procédé peut servir à la détermination exacte de la quantité de beurre introduite dans les graisses comestibles.

Pour simplifier les calculs et avoir un point de comparaison absolu, nous avons exprimé les quantités d'acides volatils dosés en acide sulfurique monohydraté, en rapportant à cent parties de matière grasse fondue et filtrée :

Oléo (diverses provenances)	1er échantillon	0gr,034
	2e échantillon	0 ,047
	3e échantillon	0 ,060
Premiers jus (diverses provenances)	1er échantillon	0 ,047
	2e échantillon	0 ,064
	3e échantillon	0 ,069
Neutral (saindoux)		0 ,043
Huiles	sésame	0 ,038
	coton	0 ,039
	arachide	0 ,043
Beurre		3 ,305

Ce qui distingue très nettement les divers produits qui entrent dans la constitution de la margarine, du beurre naturel, c'est l'absence presque complète de glycérides à acides volatils dans les premiers. Aussi les titrages de ces acides volatils donneront-ils, pour tous ces produits, un chiffre extrêmement bas formant en quelque sorte une constante.

Le beurre, au contraire, contient ces glycérides à acides volatils en très forte proportion. La plus faible introduction de beurre dans les diverses graisses, ou dans leur mélange, augmentera donc très notablement les dosages des acides volatils et permettra d'en déterminer la quantité.

Les glycérides à acides volatils contenus dans les beurres ne sont pas en proportions tout à fait constantes, mais il y a tout au moins une constance relative, et ce n'est que dans les cas exceptionnels que cette méthode pourra donner quelques incertitudes. Encore celles-ci ne seront-elles pas assez grandes pour empêcher de reconnaître si le beurre est bien dans les limites qui lui sont assignées.

Le dosage des acides volatils est donc une opération qui permet de déterminer la quantité de beurre introduit dans la margarine.

Pour fixer les idées, admettons pour la moyenne des acides volatils contenus dans les graisses et les huiles le chiffre de $0^{gr},050$, et ajoutons seulement 1 p. 100 de beurre, donnant par exemple $3^{gr},305$ d'acides volatils. Cette faible addition de 1 p. 100 augmentera de $0^{gr},033$, c'est-à-dire fera presque doubler la quantité d'acides volatils existant primitivement dans ces graisses et ne pourra pas passer inaperçue.

Ces différences augmenteront progressivement et proportionnellement avec l'addition de beurre. Pour une addition de 5 p. 100, par exemple, on trouvera dans la margarine $0^{gr},215$ au lieu de $0^{gr},050$, et pour 10 p. 100 de beurre on aura $0^{gr},380$ au lieu de $0^{gr},050$. On voit que les écarts sont très considérables et que le procédé est susceptible d'une précision largement suffisante pour déterminer le beurre ajouté aux margarines.

Donnons quelques exemples de dosages effectués sur des mélan-

ges, d'un titre connu, provenant de diverses usines de margarine :

	BEURRE			
	introduit.		retrouvé à l'analyse.	
	p. 100		p. 100	
Oléo-lait	4	8	4 1	7.4
Dansk.	4	8	5.3	8.8
Margarine P	4	8	4.7	9.0
Margarine G. P.	4	8	4.9	9.8

Les beurres ajoutés l'ont été en plus de celui qui a été introduit par le lait au cours du barattage. Cette quantité de beurre ainsi introduite, en plus du beurre en nature, est ordinairement comprise entre 1 et 1.5 p. 100. On voit donc qu'on a pu retrouver, à 1 p. 100 près, et même le plus souvent à 1/2 p. 100 près, la quantité de beurre qui avait été ajoutée à la margarine.

Et, s'il existe quelques faibles différences entre les résultats de l'analyse et les indications fournies par les fabricants, cela tient certainement plus à des inégalités dans la richesse du lait en beurre et à des incertitudes dans les pesées du beurre ajouté en nature, qu'à des imperfections dans la méthode de dosage, qui offre une grande sûreté.

Nous avons demandé à une fabrique de margarine de préparer avec soin des mélanges de margarine et de beurre, en proportions variées, et, sans connaître ces quantités, nous avons retrouvé les résultats suivants (matière employée : 5 gr.) :

DÉSIGNATION.	EAU de chaux versée[1].	ACIDE SULFURIQUE CORRESPONDANT à l'eau de chaux.	aux acides volatils des graisses.	aux acides volatils du beurre.	aux acides volatils de 100 gr. de margarine.	BEURRE total dans 100 gr. de margarine.
—	cent. cubes	milligr.	milligr.	milligr.	gr.	gr.
N° 1 . .	2,0	4,32	2,2	2,12	0,0424	1,26
N° 2 . .	8,1	17,50	2,2	15,30	0,3060	9,11
N° 3 . .	13,7	29,59	2,2	27,39	0,5478	16,31
N° 4 . .	9,6	20,74	2,2	18,54	0,3708	11,04
N° 5 . .	8,2	17,71	2,2	15,51	0,3102	9,24
N° 6 . .	3,5	7,56	2,2	5,36	0,1072	3,19
N° 7 . .	9,6	20,74	2,2	18,54	0,3708	11,04

1. Titre de l'eau de chaux : 1 centimètre cube correspond à $2^{mgr},16$ de SO^3HO.

Si l'on retranche des quantités de beurre total trouvées à l'analyse la quantité de beurre que le lait apporte normalement, c'est-à-dire 1.4 p. 100 de margarine, nous aurons ainsi les résultats suivants, la première colonne donnant les quantités de beurre ajoutées par le fabricant et communiquées seulement après l'analyse, la seconde donnant les proportions de beurre trouvées par l'analyse, déduction faite de celui apporté par le lait :

	BEURRE	
	ajouté à 100 de margarine.	retrouvé par l'analyse.
N° 1	0	0.00
N° 2	8	7.71
N° 3	15	14.91
N° 4	10	9.64
N° 5	8	7.84
N° 6	2	1.79
N° 7	10	9.64

D'autres méthodes de recherches, telles que la détermination de l'indice de saponification et celle de la température critique de solubilité dans l'alcool ont été essayées. Aucune n'a donné des résultats approchant, comme sûreté et comme sensibilité, de ceux fournis par la détermination des acides volatils, qui est un moyen offrant toute garantie et une précision largement suffisante.

Le procédé de dosage du beurre contenu dans la margarine étant ainsi établi, il convient d'interpréter les résultats qu'il fournit en vue de savoir si réellement une margarine ne contient pas plus de 10 p. 100 de beurre, c'est-à-dire si elle se trouve dans les conditions exigées par la loi, ou si elle dépasse la limite fixée et constitue alors un mélange frauduleux.

Tout d'abord, il convient de dire que les fabricants de margarine n'auraient aucun intérêt à ajouter de petites quantités de beurre en plus de celles qui sont tolérées.

En effet, une surcharge, fût-elle de 5 à 10 p. 100, ne pourrait pas faire ressembler la margarine à du beurre et le produit ne se vendrait donc que comme margarine. Ce n'est que dans le cas de l'introduction d'une quantité de beurre assez notable pour pouvoir

faire naître une confusion entre les deux produits, que le fabricant aurait avantage à faire cette opération frauduleuse.

Dans la recherche de la fraude, on peut donc admettre une petite tolérance, au-dessus du chiffre de 10 p. 100, tant à cause de quelques incertitudes de dosage, que de la composition variable du lait introduit dans la margarine et qui a pu apporter, tantôt un peu plus, tantôt un peu moins de beurre. Mais cette tolérance ne doit point dépasser 3 à 4 p. 100. C'est une marge suffisante pour donner toute garantie au fabricant, et en même temps assez faible pour permettre aux tribunaux d'appliquer la loi dans tous les cas où elle aura été violée.

La méthode d'analyse étant délicate et d'ailleurs les pénalités étant élevées, il conviendra de ne confier ces expertises qu'à des chimistes familiarisés avec l'étude des corps gras, suivant en cela ce qui a été fait pour l'analyse des beurres.

Il serait d'ailleurs à souhaiter que toutes les mesures adoptées par les pouvoirs publics pour la recherche de la margarine dans le beurre le fussent également pour le dosage du beurre dans la margarine. Les dispositions législatives auraient alors une unité qui rendrait plus facile et plus certaine la recherche de la fraude du beurre, ainsi que des graisses alimentaires qui, sous le nom de « margarine », peuvent être considérées comme ses succédanés.

CONTRIBUTION

A

L'ÉTUDE DU VANILLIER

Par L. GRANDEAU

Les conditions d'alimentation des orchidées sont encore très imparfaitement connues ; on sait peu de choses sur leurs exigences en matières nutritives et, par conséquent, sur la nature et sur les quantités d'engrais qu'il convient de leur donner.

M. A. de Villèle, secrétaire de la Chambre d'agriculture et du Comice central agricole de Saint-Denis (île de la Réunion), m'a fait l'honneur de me consulter l'année dernière sur la fumure qu'il conviendrait d'appliquer aux plantations du vanillier afin d'accroître leurs rendements. L'insuffisance de documents sur la composition chimique de cette précieuse orchidée m'a engagé à demander à M. de Villèle de me procurer les éléments d'une étude, aussi complète que possible, sur la composition des diverses parties de la plante, étude qui pût servir de point de départ à des essais de fumure. Nous avons examiné et analysé au laboratoire de la Station agronomique de l'Est, M. E. Bartmann et moi, des échantillons du sol, des racines, feuilles, tiges et gousses de vanillier, ainsi que les détritus de filaos (*Casuarina equisetifolia*) et des feuilles de l'Hydrocotyle asiatique, seuls engrais que les vanilliers reçoivent, jusqu'ici, à l'île

de la Réunion. Les résultats de cette étude m'ont permis de fournir à M. de Villèle quelques indications sur les exigences du vanillier et sur la nature des engrais minéraux qu'il y a lieu d'expérimenter dans les sols de la Réunion.

L'examen chimique fait au laboratoire de la Station agronomique de l'Est a porté sur les substances suivantes qui m'ont été expédiées par M. A. de Villèle :

1° Racines, feuilles, tiges et gousses de vanilliers ;

2° Sols de vanillières de deux ans et quatre ans d'âge ;

3° Détritus servant de fumure. Casuarina et Hydrocotyle.

En comparant la composition de ces diverses matières, il est possible de déduire de leur rapprochement quelques indications utiles aux planteurs et d'y trouver un point de départ pour des recherches ultérieures.

I. — Composition du vanillier.

Pour pouvoir fixer, par un calcul exact, les quantités de principes minéraux nécessaires à la croissance annuelle du vanillier, afin d'en déduire la nature et le poids des engrais à fournir tous les ans à une plantation, il faudrait, au préalable, connaître l'importance des prélèvements de la récolte annuelle et pour cela le poids dont s'accroît dans l'année la liane et ses feuilles, le taux de substance sèche produite et la teneur de cette dernière en chacun des principes minéraux importants. Les éléments de ces déterminations nous ont fait défaut en partie et c'est à l'analyse de la matière sèche que nous avons dû borner notre examen. En partant des chiffres que je vais résumer, le planteur pourra, suivant l'état de ses vanilliers, calculer aisément les emprunts faits par eux au sol. Pour cela, il lui suffira de se rendre compte par des essais qui ne peuvent être faits que sur place : 1° de la quantité de liane produite annuellement ; 2° de sa teneur en eau (par dessiccation complète de la plante) ; 3° du poids des gousses récoltées. Appliquant ensuite aux chiffres que lui donneront ces diverses opérations les nombres fournis par l'analyse de la substance sèche des feuilles, de la tige de la liane et des gousses, il arri-

vera, en tenant compte du nombre de pieds de vanilliers à l'are ou à l'hectare, à se faire une idée approchée des exigences minérales d'une plantation de surface connue et, par suite, de la fumure à lui donner.

D'après les observations de M. A. de Villèle, suivant l'état de vigueur des vanilliers, l'accroissement annuel en poids de la liane avec ses feuilles oscillerait autour des chiffres suivants :

Vanilliers vigoureux.	1 kilogr. à 1^{kg},400
Vanilliers moyens	0^{kg},300 à 0^{kg},425
Vanilliers faibles	0^{kg},180 à 0^{kg},200

Les gourmands, qui servent de boutures, ne sont pas compris dans ces chiffres : leur poids diminue avec l'âge du vanillier. M. de Villèle l'évalue à 20 gr. par pied pour des vanilliers de deux ans et à 10 gr. pour des lianes de cinq ans ; mais il pense que ces poids pourraient aisément doubler dans de bonnes conditions d'entretien de la plantation. M. A. Delteil a assigné aux tiges et feuilles du vanillier la composition générale suivante :

Eau	90.00
Ligneux[1]	8.83
Cendres.	1.17
	100.00

Dans l'impossibilité de déterminer directement la teneur initiale en eau des échantillons de lianes et feuilles dont le poids au moment de la récolte ne nous était pas connu, nous avons dû nous borner à les dessécher complètement à l'étuve (vers 100°) et à faire l'analyse de la substance sèche ainsi obtenue.

100 parties de racines, de tiges, de feuilles et de gousses nous ont donné les quantités de substance organique et minérale inscrites dans le tableau ci-dessous. Les poids d'azote, acide phos-

1. Il entend par là l'ensemble des matières combustibles.

phorique, etc., décelés par l'analyse sont également rapportés à 100 gr. de substance sèche.

	RACINES.	TIGES.	FEUILLES.	FRUITS.
Matières organiques . . .	93.73	91.53	84.32	89.69
— minérales . .	6.27	8.47	15.68	10 31
	100.00	100.00	100.00	100.00
Azote.	1.340	0.758	1.181	1.759
Acide phosphorique . . .	0.221	0.187	0.347	0.453
Potasse.	0.186	1.166	1.668	2.513
Soude.	0.248	0.617	0.284	0.153
Chaux	0.966	2.191	0.072	1.449
Magnésie	0.358	1.372	2.438	0.735
Peroxyde de fer et alumine.	1.403	0.322	0.278	0.347
Acide sulfurique	0.153	0.151	traces.	0.073
Chlore	0.270	0.610	0.872	1.231

Pour rendre plus sensibles les relations existant entre les quantités de chacune des matières minérales qui entrent dans la constitution des diverses parties du vanillier, j'indique ci-dessous la composition centésimale des cendres des tiges, des feuilles et des gousses, en leurs éléments essentiels.

100 gr. de cendres renferment :

	TIGES.	FEUILLES.	GOUSSES.
	gr.	gr.	gr.
Acide phosphorique. .	2,207	2,213	4,200
Potasse.	13,759	10,687	24,374
Soude	7,281	1,811	1,484
Chaux.	25,853	38,720	14,054
Magnésie.	16,190	15,547	7,127
Chlore.	0,721	0,556	1,194
Acide sulfurique. . .	0,188	traces.	0,708

La potasse et la chaux sont, d'après cela, les éléments dominants des cendres du vanillier ; la potasse s'accumule dans la gousse et la chaux atteint son chiffre maximum dans les feuilles. Un fait intéressant à noter est la teneur élevée en chlore. M. A. Delteil, qui l'avait déjà constatée, rappelle à ce sujet l'observation d'Aublet, à savoir que les plus belles vanilles de la Guyane se rencontrent au bord des criques, dans les terrains saumâtres et baignés d'eau salée. Il y a

dans la présence de cette quantité de chlore une indication dont on doit tenir compte dans le choix de la fumure potassique. Le chlorure de potassium sera employé de préférence au sulfate de potasse, la teneur du vanillier en acide sulfurique étant de beaucoup inférieure à celle du chlore.

MM. Truffault et Hébert ont publié récemment un intéressant travail sur les orchidées ([1]). Voici, à titre de comparaison, la composition que leurs analyses assignent au *Cattleya labiata autumnalis* d'importation directe du Brésil, en 1891, et à la même plante dégénérée en serre (1897).

100 parties de la plante entière renferment :

	CATTLEYA EN 1891.	CATTLEYA EN 1897.
Eau	90.88	94.00
Substance sèche . . .	9.12	6.00
	100.00	100.00
Azote	1.21	0.87

100 parties de substance sèche contiennent :

Matières combustibles.	95.45	94.58
Cendres	4.55	5.42
	100.00	100.00

100 parties de cendres renferment :

Potasse.	25.00	11.46
Chaux.	38.00	27.07
Magnésie.	7.04	4.60
Acide phosphorique. .	1.92	2.01

A la dégénérescence de cette orchidée correspond, on le voit, un abaissement très notable dans la teneur de la plante en azote, en potasse, en chaux et en magnésie. La conclusion que MM. Truffault et Hébert tirent de ces analyses est la nécessité de fumer directe-

1. *De la dégénérescence de certaines espèces d'Orchidées*, Journal de la Société nationale d'Horticulture de France, 1897.

ment les orchidées pour leur donner les matières minérales qu'elles ne peuvent se procurer qu'en quantités tout à fait insuffisantes dans l'humus des troncs d'arbres où elles végètent dans nos serres. J'ai moi-même émis cette opinion il y a quelques années déjà[1] en appelant l'attention des horticulteurs sur la fumure minérale appliquée avec succès par M. Roman, dans ses belles cultures d'orchidées de Périgueux.

La conclusion qui se dégage de l'ensemble des analyses précédentes est que les plantations de vanilliers ont besoin, comme toutes les cultures, de trouver dans le milieu où elles croissent une alimentation minérale appropriée et assez abondante pour suffire à une production rémunératrice. Avant d'examiner les moyens pratiques d'atteindre ce but, je donnerai quelques indications sur la composition du sol de deux vanillières que m'a envoyé M. de Villèle et sur la fumure naturelle que le filaos leur fournit, à la Réunion.

II. — Composition du sol des vanillières.

Les deux sols que nous avons analysés provenaient : le n° 1, d'une plantation de vanilliers âgés de quatre ans ; le n° 2, d'une plantation de deux ans seulement.

L'analyse physico-chimique de ces deux terres a donné les résultats suivants :

	SOL N° 1. — p. 100.	SOL N° 2. — p. 100.
Argile	24.30	19.60
Sable siliceux	65.40	70.20
Calcaire	néant.	néant.
Humus	traces.	traces.
Eau et matières non dosées	10.30	10.20
Totaux	100.00	100.00

Ces terres franchement argileuses sont, comme la plupart des sols de l'île de la Réunion que j'ai eu l'occasion d'analyser jusqu'ici, dépourvues de l'élément calcaire si favorable à toute végétation. Le

1. *La fumure des champs et des jardins,* 1re édition, 1893.

sous-sol est formé d'argile compacte dans laquelle ne peuvent s'introduire les racines des lianes. Celles-ci, dans l'état naturel, c'est-à-dire en dehors de tout apport d'engrais, ne peuvent donc trouver leur nourriture que dans la couche superficielle de la plantation et dans les détritus des feuilles des arbres qui leur servent de tuteurs (filaos et hydrocotyle) dont j'indiquerai plus loin la composition.

L'analyse chimique des deux sols a été exécutée sur la terre fine passant au tamis de 1 millimètre d'écartement de maille. Au cas particulier, la terre fine n'était autre que la terre brute envoyée par M. de Villèle, celle-ci ne renfermant aucun caillou et tous ses grains passant au tamis que je viens d'indiquer.

Cette analyse a donné les résultats suivants :

	SOL N° 1.	SOL N° 2.
	p. 100.	p. 100.
Azote	0.188	0.154
Acide phosphorique	0.184	0.279
Potasse	0.017	0.028
Chaux	traces.	traces.
Magnésie	0 150	0.300
Acide sulfurique	»	»
Oxyde de fer et alumine	21.140	24.860
Silicates insolubles	55.360	50.360

Ces deux terres présentent de grandes analogies dans leur composition chimique ; elles sont toutes deux assez abondamment pourvues en azote et en acide phosphorique, très pauvres en potasse et manquent presque complètement de chaux.

Elles semblent donc peu propices à la culture du vanillier si exigeant, comme nous l'avons vu, en potasse et en chaux, et l'on pourrait même s'étonner que cette liane ne se refuse pas à y végéter. C'est sans nul doute la fumure naturelle résultant de l'accumulation sur le sol des détritus des feuilles, graines et brindilles du casuarina et de l'hydrocotyle, qui est la principale, pour ne pas dire l'unique source d'alimentation du vanillier dans un sol aussi mal pourvu de deux des principes nutritifs essentiels : potasse et chaux.

La composition de ces détritus et la quantité relativement élevée qui s'en accumule à la surface du sol semblent confirmer cette hy-



pothèse, mais cela ne doit pas faire négliger l'apport direct de fumures minérales si l'on veut placer les vanilliers dans de bonnes conditions de production.

III. — Composition des débris de filaos et d'hydrocotyle asiatique.

Le mélange des feuilles, des graines, des brindilles, racines, etc., que m'a envoyé M. de Villèle a été séché, sans triage préalable, à l'étuve à 100°, puis broyé au moulin Aimé Girard, tamisé et analysé.

Ce mélange renfermait pour 100 parties :

Eau	9.50
Matières organiques	61.25
Matières minérales	29.25
	100.00

100 gr. de détritus à l'état naturel (non desséchés) contenaient :

Azote	0gr,706
Acide phosphorique	0 ,213
Potasse	0 ,106
Chaux	1 ,275
Magnésie	0 ,420

Si l'on en excepte l'azote, cette composition se rapprocherait de celle d'une terre de bonne qualité. Pour apprécier l'importance des apports que les détritus font au sol, il est nécessaire de tenir compte de la quantité qui recouvre un hectare de terre. Voici les chiffres que M. de Villèle m'a communiqués à ce sujet. Les tuteurs fournissent environ 15 800 kilogr. de détritus à l'hectare qui porte 2 900 vanilliers. Si l'on applique à cette quantité de détritus la composition que nous avons trouvée à l'échantillon analysé, on constate que, de ce chef, la couverture du sol renfermerait les quantités suivantes des principaux éléments de fertilisation, quantités qui, divisées par le nombre des lianes, correspondent pour chacune d'elles au poids inscrit dans le tableau suivant :

15 800 kilogr. de détritus renferment :

Azote	111kg,8
Acide phosphorique	33 ,6
Potasse	16 ,7
Chaux	221 ,4
Magnésie	66 ,4

Soit par pied de liane :

Azote	38gr,9
Acide phosphorique	11 ,6
Potasse	5 ,7
Chaux	73 ,0
Magnésie	22 ,8

Ces quantités de matières minérales ne sont à coup sûr pas négligeables ; mais si l'on tient compte des faits suivants : 1° lenteur de la décomposition totale de ces détritus, nécessaire, suivant toutes probabilités, pour que les matériaux minéraux qu'ils renferment soient assimilés par la plante ; 2° absence de calcaire dans le sol, d'où résulte une faible nitrification des matières azotées ; 3° pauvreté relative de ces détritus en potasse — il semble qu'on doit être conduit à fumer directement les plantations de vanilliers. Ici l'expérience du reste est nécessaire pour se prononcer sur le meilleur choix d'engrais à faire.

IV. — Fumures à essayer pour le vanillier.

Pour cette culture, comme pour celle de la canne à sucre, du caféier, etc., dans les sols siliceux et argilo-siliceux de l'île de la Réunion, l'introduction de chaux dans le sol me paraît être la première opération qui s'impose.

On peut la réaliser de plusieurs manières et notamment en recourant, soit à l'épandage à haute dose de sables calcaires (90 p. 100 de carbonate de chaux), tels que ceux que M. de Villèle m'a prié d'analyser ; soit, mieux encore, par l'emploi de scories de déphosphoration qui ont l'avantage d'apporter au sol, en même temps que l'acide phosphorique, environ moitié de leur poids de chaux très

efficace pour l'alimentation de la plante et pour la nitrification de l'azote.

L'extrême pauvreté de ces terres en potasse, fait assez fréquent aussi à la Réunion, implique l'emploi d'engrais potassiques et, de préférence, celui du chlorure de potassium, à raison des exigences du vanillier en chlore.

Il me semble donc qu'il y a lieu d'expérimenter dans des sols d'une composition analogue à celle des terres que m'a soumis M. de Villèle, l'action des engrais commerciaux suivants :

Scories de déphosphoration. .	1 000	kilogr. à l'hectare.	Fumure à renouveler tous les 4 ans.
Ou sables calcaires.	2 000	—	
Chlorure de potassium . . .	500	—	
Nitrate de soude.	200 à 250	—	(Annuellement.)

L'expérience viendra montrer si de l'emploi de ces engrais résulte un accroissement notable dans la production de la vanille ; je crois, en tous cas, que ces fumures minérales auront pour résultat d'augmenter la résistance des vanilliers aux affections parasitaires.

J'émets sous toutes réserves ces indications relatives à la fumure. Je n'ai pas de notions suffisantes sur le mode de nutrition des orchidées pour oser être affirmatif sur le résultat d'essais qui me semblent pourtant devoir être tentés.

Les analyses des tiges et des feuilles du vanillier montrent que cette liane a de grandes exigences en potasse et en chaux, mais les engrais que je viens d'indiquer ne sont pas les seuls qu'il y ait lieu d'expérimenter pour la fumure des vanilliers.

Les engrais concentrés solubles me paraissent appelés à rendre les plus grands services à nos colonies, leur emploi diminuant, dans de larges proportions, le coût des fumures, à raison de leur concentration.

La préparation de ces engrais est devenue industrielle depuis quelques années : en supprimant les matières inertes ou peu utiles à la végétation que renferment nécessairement la plupart des engrais commerciaux, on diminue d'autant le prix du transport, ce qui, pour les longues distances qui séparent les lieux de production des territoires où les engrais sont appliqués, permet de réaliser une

sérieuse économie dans les prix de revient des matières fertilisantes.

Les engrais concentrés que les usines H. Albert de Biebrich-sur-le-Rhin et d'Engis, en Belgique, livrent à l'agriculture me semblent tout indiqués pour la fumure des vanilliers.

L'engrais H. Albert renferme, par 100 kilogr., 14 kilogr. d'acide phosphorique, 29 kilogr. de potasse et 12 kilogr. d'azote. Ces trois principes fertilisants se trouvent dans l'engrais, à l'état soluble dans l'eau, ce qui permet de les employer en arrosage et de les distribuer très également aux végétaux. On peut, en outre, en faisant varier les proportions des quatre sels qui constituent l'engrais dit pour jardins (*Gartendünger*), modifier, suivant les indications de l'expérience, les quantités de chacun des éléments fertilisants. Le mélange qui correspond aux quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse que je viens d'indiquer est constitué par l'association des quatre substances suivantes :

Phosphate d'ammoniaque . . .	28 à 30 kilogr.[1]
Nitrate de potasse	44 à 45 —
Nitrate de soude.	15 à 16 —
Sulfate d'ammoniaque.	10 à 11 —

L'engrais concentré peut être employé de deux manières : à l'état solide ou en dissolution dans l'eau, suivant les conditions climatologiques. Dans le premier cas, on répand 500 kilogr. de ce mélange (par hectare), on sème l'engrais aussi régulièrement que possible sur le sol et on l'enfouit légèrement au râteau.

Pour les vanilliers, le second procédé serait sans doute préférable. Il consisterait à dissoudre 250 gr. du mélange dans un hectolitre d'eau et à arroser le sol avec cette dissolution à raison de 20 litres par mètre carré. Je ne puis donner ici qu'une indication générale des essais à faire ; l'expérience montrerait sans doute bien vite dans quelles proportions il conviendrait de faire varier la quantité d'engrais et sa dilution dans l'eau, suivant l'âge et l'état de la

1. Pris à l'usine de Biebrich-sur-le-Rhin, les 100 kilogr. de ce mélange coûtent environ 50 fr.



plantation du vanillier. Il me semble que ces essais méritent d'être tentés. L'emploi des engrais concentrés ne dispenserait pas de l'apport direct de calcaire aux sols qui en manqueraient.

J'ajouterai, en terminant, une remarque qui me paraît utile. Les analyses des tiges et des feuilles du vanillier montrent que cette liane a de grandes exigences en principes minéraux et notamment en potasse et en chaux, mais il ne faut pas oublier que la majeure partie des matières empruntées au sol par le vanillier n'est pas exportée par la récolte. En effet, si l'on admet une récolte moyenne de 225 kilogr. de gousses à l'hectare et qu'on rapporte à cette récolte les chiffres fournis par l'analyse des gousses, on constate que l'exportation des matières minérales est, en définitive, extrêmement faible, car elle ne dépasse pas les poids suivants d'azote, de potasse, etc.

220 à 225 kilogr. de gousses contiennent :

Potasse.	6 kilogr. environ.
Azote.	4 —
Acide phosphorique	1 —
Chaux	3 —
Magnésie	1^kg,600 environ.

Quantités infimes si on les compare à celles qu'emportent les récoltes de céréales, de cannes à sucre, etc.

Conclusion. — Si incomplètes que soient les observations qui précèdent, elles me paraissent cependant conduire à cette conclusion qu'il y a lieu d'étudier expérimentalement la fumure des vanilliers, dans le double but de donner aux plantes une résistance plus grande aux maladies parasitaires et d'augmenter le rendement de la précieuse orchidée.

STATION AGRONOMIQUE DE L'ILE MAURICE

RAPPORT

SUR LES TRAVAUX DE 1896[1]

Par M. P. BONÂME

DIRECTEUR DE LA STATION

I. — Météorologie.

Baromètre. — Les observations sont faites à 10 heures du matin et la pression réduite à 0°; altitude du baromètre, 1 030 pieds.

La moyenne annuelle à 10 heures du matin est de 737^{mm},8 au lieu de 737,9 pour l'année dernière, c'est-à-dire légèrement supérieure. Les observations extrêmes présentent une assez grande variation, l'amplitude totale étant de 25^{mm},9 à 10 heures du matin et variant de 717,6 le 20 février à 744,5 le 22 juillet. Le minimum de 717,6 a été atteint pendant la bourrasque du mois de février et la baisse occasionnée par le mauvais temps a été accentuée; la hauteur barométrique au Réduit a varié dans cette circonstance de 730 millimètres le 17 à 10 heures du matin, à 709 le 20 à 4 heures du soir, mais la baisse a surtout été rapide pendant la journée du 20 et la pression, qui était de 717,6 à 10 heures du matin, n'était que de 709 à 4 heures du soir, soit 8^{mm},6 de différence. Ces chiffres ramenés au niveau de la mer sont donc respectivement de 744,6 et 736^{mm},0.

Généralement, la pression moyenne mensuelle augmente régulièrement du commencement de l'année au mois de juillet ou août. Cette année, le mois de février ne suit pas la règle générale, et cette irré-

1. Voir tome II, 2e série, 1896, le Rapport sur les travaux de 1895.

gularité est due à la baisse accidentelle produite par le voisinage du cyclone.

Tableau I.

	BAROMÈTRE à 0h10 a. m.			HUMIDITÉ relative de l'air.		
	Moyennes.	Plus haute.	Plus basse.	Moyennes.	Maxima.	Minima.
Janvier. . . .	734,1	735,8	731,0	77	90	69
Février. . . .	732,4	737,5	717,6	82	97	70
Mars	735,4	737,6	733,1	78	90	70
Avril	735,9	738,4	733,5	81	95	74
Mai.	737,7	740,3	735,0	82	96	67
Juin.	739,17	742,3	737,1	80	95	70
Juillet. . . .	741,1	744,5	737,7	78	91	70
Août	741,7	743,8	738,5	76	89	65
Septembre . .	740,3	742,0	738,8	72	87	62
Octobre . . .	738,9	741,4	735,6	71	93	62
Novembre . .	737,4	739,5	735,2	72	85	64
Décembre . .	736,5	738,7	734,7	76	90	65
Moyennes.	737,81	739,94	733,9	77	91,5	67,3

Hygromètre. — Le degré hygrométrique moyen est de 77 en 1896 contre 78,8 en 1895 à 10 heures du matin. Pendant presque toute l'année et surtout pendant le dernier semestre la moyenne mensuelle est inférieure à celle de l'année dernière, elle n'est plus élevée qu'au mois de février pour lequel plusieurs observations journalières de 97° sont venues modifier la moyenne mensuelle. Les observations extrêmes varient pour l'année de 62° à 97°.

Pendant la bourrasque de février, les pluies ont été ininterrompues et l'humidité atmosphérique constante et élevée; du 27 au 21 février l'hygromètre enregistreur suit une ligne horizontale sans interruption qui indique la saturation presque absolue de l'air.

Température. — La température est de 21°,54 contre 21°,89 en 1895. La moyenne du maxima est de 26°,37 avec des extrêmes allant de 20°,5 à 31°,5 et celle du minima de 16°,72 avec des extrêmes variant de 10°,5 à 22°.

La température la plus élevée de la journée a été de 31°,5 le 9 décembre et la plus basse de la nuit, de 10°,5 le 16 septembre.

La moyenne est donc un peu moins élevée que l'an dernier, sur-

tout pour les températures nocturnes; mais celles-ci devraient subir une légère correction, car le thermomètre minima par suite d'un léger accident a enregistré plusieurs fois des chiffres d'environ un demi-degré plus bas que la normale, et la moyenne doit par ce fait subir une légère augmentation.

Tableau II. — Température à l'ombre.

	MAXIMA.			MINIMA.			TEMPÉRATURES
	Moyennes.	Extrêmes.		Moyennes.	Extrêmes.		moyenne.
Janvier . .	28,93	25,50	31,00	19,87	17,50	22,00	24,40
Février . .	28,24	24,05	31,00	20,07	17,00	21,50	24,15
Mars . . .	28,82	27,00	31,00	19,03	17,00	21,00	23,92
Avril . . .	27,65	24,50	29,00	19,17	17,00	21,50	33,41
Mai . . .	24,87	22,50	27,00	17,10	13,50	20,00	20,98
Juin . . .	23,80	21,50	26,00	14,25	11,00	17,00	19,02
Juillet. . .	22,41	20,50	24,50	13,29	9,00	18,50	17,80
Août . . .	22,75	21,00	25,00	13,10	11,00	15,00	17,93
Septembre.	25,95	22,50	28,00	14,18	10,50	16,50	20,06
Octobre. .	26,55	23,00	28,50	15,87	13,00	18,50	21,21
Novembre .	27,28	22,50	29,50	16,38	13,50	19,50	21,83
Décembre .	29,16	25,50	31,50	18,30	13,50	21,50	23,73
Moyennes .	26,37	23,34	28,50	16,72	13,59	19,38	21,54

Pluviomètre. — La quantité de pluie enregistrée au Réduit pour l'année 1896 a été de 2031^{mm},15 (79,8 pouces) contre 1771 millimètres l'an dernier, soit une différence de 260 millimètres en plus.

Sur cette quantité, 830 millimètres sont enregistrés pour la journée et 1201 pour la nuit. Quant à la répartition journalière, on compte 321 jours de pluie mais seulement 128 jours pendant lesquels la quantité d'eau par 24 heures a été supérieure à 1 millimètre, les 193 autres observations comprennent plutôt de fortes rosées que de la pluie proprement dite et sont enregistrées presque généralement pendant la nuit. Le nombre de jours de pluie au-dessus de 1 millimètre pendant la journée ouvrable, c'est-à-dire de 6 heures du matin à 6 heures du soir, n'a été que de 56 pour l'année dont 12 pour le mois de février.

La répartition mensuelle des pluies caractérise la saison au point de vue agricole. Nous voyons qu'elles ont été abondantes pendant la première partie de l'année, car de janvier à mai on enregistre

1690 millimètres d'eau, soit une moyenne de 338 millimètres par mois, mais de mai à décembre on ne reçoit plus que 341 millimètres, soit une moyenne de 48^{mm},7 par mois, c'est-à-dire que pendant les sept derniers mois on n'a reçu en totalité qu'environ la quantité moyenne enregistrée pour un des cinq premiers mois de l'année ; la sécheresse a donc persisté pendant la plus grande partie de l'année.

Tableau III. — Répartition des pluies en 1896.

	JOUR.	NUIT.	TOTAL en millimètres.	TOTAL en pouces.	NOMBRE DE JOURS de pluie. Totaux.	NOMBRE DE JOURS de pluie. Au-dessus de un millimètre.
Janvier	67,90	202,50	270,40	10,52	30	12
Février	267,50	407,00	774,50	30,44	26	15
Mars	121,00	28,50	150,20	5,90	29	12
Avril	93,40	105,90	199,30	7,83	30	15
Mai	56,90	239,15	296,05	11,53	28	11
Juin	2,40	37,80	40,20	1,58	25	9
Juillet	12,95	38,35	51,30	2,01	26	13
Août	6,40	53,35	59,75	2,34	25	12
Septembre	5,60	35,25	40,85	1,60	28	7
Octobre	40,70	17,10	57,80	2,27	27	7
Novembre	30,80	12,90	43,70	1,71	22	6
Décembre	24,00	23,10	47,10	1,85	25	9
Totaux.	830,15	1201,00	2031,15	79,78	321	128

Cette irrégularité dans la répartition mensuelle se remarque aussi dans la répartition journalière ; néanmoins, la coupe de 1896 a été assez favorisée, car à partir de novembre 1895 des pluies assez abondantes sont venues mettre en végétation toutes les plantations qui ont pu profiter largement de la saison chaude malgré leur irrégulière répartition pendant le reste de l'année. Après les fortes ondées des premiers jours de janvier viennent les pluies torrentielles du 14 au 21 février ; la quantité enregistrée pendant cette semaine à la Station a été de 730 millimètres, dont 494 millimètres pour la nuit et 187^{mm},5 pour le jour, soit 377 millimètres pour les 24 heures, encore cette quantité recueillie est un minimum, car le récipient du pluviomètre étant presque rempli, les fortes rafales ont dû faire déborder une partie de l'eau qui y était contenue.

Il est hors de doute que des pluies semblables lavent le sol et en-

traînent une partie de ses éléments fertilisants; il en est de même des engrais mis en terre peu de temps auparavant. Cependant, les fumures employées de bonne heure dans les repousses ont dû être moins facilement entraînées, car les pluies de novembre avaient donné une grande activité à la végétation et la canne déjà développée avait eu le temps de les absorber en grande partie avant leur arrivée.

Après ces fortes pluies une sécheresse relative s'est fait sentir jusqu'à la fin de mars; la terre était, il est vrai, assez saturée d'eau pour suffire amplement aux besoins de la végétation dans des conditions normales, mais pendant la bourrasque toutes les cannes vierges un peu avancées, et dont les tiges étaient très développées, ont été fortement secouées et souvent à moitié déracinées par le vent, il aurait donc fallu pendant quelque temps des petites pluies continues pour que la terre puisse se tasser à nouveau autour des racines et pour empêcher sa dessiccation; mais ce n'est pas ce qui a eu lieu, et la sécheresse de mars qui n'aurait eu aucun inconvénient dans des conditions ordinaires, a nui dans une certaine mesure à toutes les plantations qui avaient souffert de la brise, et la végétation est restée pour ainsi dire stationnaire pendant un mois.

En avril, les pluies sont assez régulièrement réparties, puis elles deviennent très copieuses les 6 et 7 mai (230 millimètres, dont 193 pendant la nuit). Après ce moment, la sécheresse survient et dure jusqu'à la fin de l'année, non pas absolue, mais suffisante pour nuire à beaucoup de jeunes plantations.

D'un autre côté, ce temps sec a favorisé la coupe ainsi que la maturation des cannes dont les rendements à l'usine ont été généralement satisfaisants, aussi la récolte s'est poursuivie sans interruptions et a pu être terminée de très bonne heure. Malheureusement, ces conditions ne seront pas sans influence sur la coupe prochaine, et quoiqu'on ne puisse guère encore prévoir les résultats qu'elle donnera, il n'en est pas moins vrai que les effets de la sécheresse des mois de novembre et de décembre se feront sentir dans quelques localités; certains quartiers ont reçu des pluies en novembre, mais dans d'autres endroits la sécheresse a sévi pendant les deux derniers mois de l'année sans discontinuer et les repousses ne se sont pas développées normalement.

Si dans certaines localités, étant donné un temps favorable, l'activité de la végétation en mai et juin permettra de rattraper en partie le temps perdu, il en est d'autres où une forte diminution de rendement ne pourra être évitée.

La végétation dans nos climats n'est pas assez exubérante pour que deux mois d'arrêt à cette époque de l'année n'aient pas un effet quelconque sur la récolte en cours, surtout quand la sécheresse se prolonge ainsi que cela a lieu actuellement.

II. — Laboratoire.

En 1896 les analyses demandées au laboratoire ont été beaucoup plus nombreuses que l'an dernier, elles s'élèvent à 167, correspondant à 596 dosages divers. On a donc eu beaucoup plus fréquemment recours au contrôle ou à l'étude de certaines questions que précédemment. Cette augmentation n'est pas due seulement aux analyses demandées par les planteurs de Maurice, car elle comprend un certain nombre de recherches faites pour le compte de divers propriétaires de la Réunion consistant principalement en analyses de terres et de fourrages, c'est même de là qu'a été demandée la presque totalité des analyses relatives aux fourrages et matières alimentaires. La diversité de ces analyses semble indiquer qu'à la Réunion on cherche à tirer parti de toutes les ressources pour l'alimentation du bétail d'une façon beaucoup plus complète qu'on ne le fait à Maurice.

Ces analyses payantes ont été les suivantes :

	ANALYSES.	DOSAGES.
Engrais composés.	16	109
Guanos	6	20
Phosphates et superphosphates .	19	36
Sels divers.	10	11
Guanos phosphatés	14	35
Engrais divers	14	33
Fumiers.	9	24
Fourrages et matières alimentaires.	19	113
Terres	18	83
Sucres, sirops, cannes, etc . . .	17	56
Divers	25	70
	167	596

La composition moyenne de quelques-uns de ces engrais est indiquée ci-après : pour les superphosphates ordinaires : acide phosphorique soluble dans l'eau, 17.54, avec des extrêmes de 14.6 à 20.3; acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque, 2.22, avec des extrêmes de 1.3 à 3.6, et une moyenne d'acide phosphorique total de 20.0 avec des extrêmes de 16.8 à 23.9 p. 100.

Celle des engrais composés est de 5.85 d'azote et de 14.6 d'acide phosphorique avec des extrêmes de 4.8 à 6.8 pour l'azote et de 13.2 à 16.5 p. 100 pour l'acide phosphorique.

Les guanos phosphatés varient de 1.2 à 1.3 d'azote et de 24.5 à 27.5 d'acide phosphorique avec des moyennes de 1.26 d'azote et de 26.5 d'acide phosphorique.

Les fumiers ordinaires contiennent, suivant leur fabrication et les différentes substances qui entrent dans leur composition, de 0.37 à 0.61 d'azote, 0.14 à 0.43 d'acide phosphorique et 0.11 à 0.54 p. 100 de potasse.

Les mélanges varient dans de grandes limites, non point parce qu'on cherche à modifier leur composition suivant les variations du prix des matières premières et leur valeur relative sur le marché, mais simplement parce qu'on est partisan de tel engrais ou de telle formule. Ils ont donné les variations suivantes :

Azote organique.	de 0	à 2.47	p. 100.
Azote nitrique	1.1	5.0	—
Azote ammoniacal.	4.1	5.2	—
Azote total.	7.3	11.2	—
Acide phosphorique soluble dans l'eau . . .	1.1	9.3	—
Acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque	0.6	9.9	—
Acide phosphorique insoluble	0	8.0	—
Acide phosphorique total	8.8	14.1	—
Potasse	3.7	10.7	—

Dans quelques-uns de ces engrais on emploie avec le nitrate de soude, le chlorure de potassium ou le sulfate de potasse pour donner la potasse nécessaire; nous ne reviendrons pas sur ce que nous disions l'an dernier au sujet de la composition et de l'achat des engrais, mais nous ferons encore remarquer qu'actuellement, au point de vûe de l'économie, l'emploi du chlorure ou du sulfate de potasse

ne s'impose pas. En effet, si on prend la valeur marchande de ces sels on voit que si les prix ont subi des variations depuis l'an dernier, ils n'ont pas modifié la situation.

Le nitrate de potasse est coté 265 Rs., le nitrate de soude 180 Rs. et le sulfate de potasse 240 Rs.[1].

Pour remplacer un tonneau de nitrate de potasse il faut :

838 kilogr. de nitrate de soude à 180 Rs.	150,8 Rs.
880 kilogr. de chlorure de potasse à 240 Rs.	211,2
	362,0 Rs.

Soit 362 Rs. au lieu de 265 Rs. pour avoir les mêmes éléments fertilisants que dans le nitrate de potasse.

Si on veut calculer d'une autre façon pour savoir à combien revient l'unité de potasse dans le nitrate de potasse et le sulfate de potasse, prenons la valeur de l'azote dans le nitrate de soude qui est de $\frac{18.0}{15.5} = 1,16$ R; l'azote du nitrate de potasse vaudra donc $130 \times 1,16 = 150,8$ Rs.; reste, pour la valeur de la potasse, $265 - 150,8 = 114,2$ Rs., soit l'unité de potasse à $\frac{114.2}{44} = 0,259$ au lieu de $\frac{240}{50} = 0,48$ dans le sulfate de potasse ou le chlorure de potassium.

Le nitrate de potasse est donc beaucoup plus économique que le mélange de nitrate de soude et un sel de potasse, soit chlorure soit sulfate, et doit, par conséquent, être employé de préférence; le même calcul indiquera le choix à faire dans le cas où les prix ci-dessus varieront en plus ou en moins.

Le guano phosphaté est généralement utilisé comme source d'acide phosphorique insoluble dans les mélanges, c'est en effet la matière première qui livre au plus bas prix l'acide phosphorique insoluble dont l'unité revient à 0,36 R. en admettant un titrage de 25 p. 100 et au prix de 90 Rs. la tonne; si on tient compte de l'azote qu'il contient généralement dans la proportion de 1 p. 100 et si on compte celui-ci à 1 R., l'unité phosphorique ne revient plus qu'à

1. La R. (ou roupie) vaut 2 fr. 37 c.

0,32 R.; c'est donc une matière première très économique. Mais si on ne s'en tenait pas à des formules toutes faites, il serait souvent encore possible de diminuer ce prix en employant des matières analogues dont le titrage est variable et qui, pour cette raison, sont plus rarement demandées. Les îles du groupe des Seychelles en fournissent dont la richesse varie dans de grandes limites et dont l'emploi serait souvent encore plus avantageux. Ainsi les deux suivantes, analysées au laboratoire, dont le titrage était respectivement 0.8 et 2.7 p. 100 d'azote et 11.5 et 7.4 d'acide phosphorique, auraient, en prenant les chiffres de 1 R. pour l'azote et 0,32 pour l'acide phosphorique, une valeur de :

N° 1.	0.8 azote à 1 R.	0.80 Rs.
	11.5 acide phosphorique à 0,32	3,68
		4,48 Rs.
N° 2.	2.7 azote à 1 R.	2,7 Rs.
	7.4 acide phosphorique à 0,32	2,36
		5,06 Rs.

soit 44,8 Rs. et 50,6 Rs. le tonneau, c'est-à-dire à un prix bien supérieur à celui auquel ils étaient offerts.

Un autre guano brut de même provenance a donné les résultats suivants. Il était composé de poudre fine mélangée à de gros débris organiques et à des matières pierreuses de grosseur variable dont les plus volumineuses atteignaient le poids de 500 grammes.

La poudre fine mélangée de sable quartzeux était composée de :

Humidité	11.20 p. 100.
Matières organiques	26.12 —
Matières minérales	62.68 —
	100.00 p. 100.

Le guano brut séparé en trois lots de diverses grosseurs a donné pour chacun des lots séparés :

	AZOTE. — p. 100.	ACIDE phosphorique. — p. 100.
Poudre fine	1.0	4.3
Graviers	0.5	18.5
Pierres	0.0	19.8



La composition moyenne du guano mélangé calculée d'après la proportion et la composition de ces divers lots était de :

Azote	0.97 p. 100.
Acide phosphorique	7.4 —

Soit une valeur de :

Azote 0.9 p. 100 à 1.00 R.	0.9 R.
Acide phosphorique 7.4 p. 100 à 0.32 R.	2.36 Rs.
	3.26 Rs.

soit le tonneau 32,60 Rs.

On remarquera que les portions rocheuses sont plus riches en acide phosphorique que la partie fine, mais cette richesse est elle-même très variable; partagées en trois lots suivant leur couleur et leur texture elles ont donné les chiffres suivants en acide phosphorique :

	Acide phosphorique.
Roches très tendres, amorphes	18.2 p. 100.
— tendre, texture cristalline	18.4 —
— dures, amorphes	34.4 —

Ces guanos sont donc loin d'être homogènes, c'est un inconvénient au point de vue de leur exploitation, mais il ne diminue en rien leur valeur intrinsèque, et il est toujours facile, en les mélangeant après broyage, d'en faire une marchandise de composition régulière et uniforme.

III. — Notes diverses.

Ainsi que les années précédentes les cannes récoltées sur la station ont été livrées à l'usine de Trianon. Malheureusement, par suite des nécessités du travail de l'usine et de circonstances diverses, il n'a pas été possible de passer séparément tous les lots des essais, et pour quelques-uns l'analyse des cannes n'a pu se faire que sur les jus extraits au moulin de laboratoire, qui, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, ne donne pas une moyenne très exacte de la richesse saccharine simplement par la raison que l'on ne peut pas

agir sur un poids suffisant de tiges; cependant, comme la majeure partie des cannes était composée de repousses dont l'échantillonnage est plus facile, l'écart est moins considérable. A chaque analyse nous indiquerons si elle a porté sur le jus d'usine ou sur du jus de laboratoire. Cette année, presque toutes les cannes étaient d'une richesse saccharine relativement fort élevée, il n'y a d'exception que pour les cannes vierges de graines dont la maturation était imparfaite pour des causes signalées un peu plus loin.

Les semis de cannes de graines se continuent de divers côtés, mais moins activement que par le passé parce que l'on n'a pas obtenu du premier coup et dès le début une ou des variétés incontestablement supérieures à celles déjà connues et cultivées. Aussitôt que la réussite des semis de cannes a été un fait incontestable, on a tant parlé de la dégénérescence de la canne et de sa régénération par les semis qu'on a été surpris de voir que la plupart des cannes obtenues n'étaient pas des merveilles et que beaucoup d'entre elles étaient même très inférieures à celles que l'on connaissait déjà. C'était cependant à prévoir puisque la canne primitive a dû être améliorée tant par la sélection que par les soins culturaux dont toutes les variétés obtenues accidentellement ont été l'objet.

On pensait à tort que du premier semis allait sortir la canne idéale donnant un fort rendement à l'arpent, possédant une grande richesse saccharine, résistant bien aux intempéries et ne craignant pas plus les attaques des insectes que les atteintes de la maladie; et comme tous ces desiderata ne sont peut-être pas encore réalisés, on en conclut que les cannes issues de graines ne valent pas mieux que les autres. Il est évident que quelques-unes ont très peu de valeur, mais d'autres paraissent donner de très beaux résultats. Une canne qui semble tout d'abord ne pas valoir la peine d'être propagée ne doit cependant pas être abandonnée après un premier essai, car il se peut qu'après avoir été reproduite plusieurs fois par bouturage et placée dans des conditions différentes elle se modifie et montre certaines qualités qui la feront apprécier.

Il est difficile de méconnaître l'importance et les avantages qui peuvent résulter des semis de graines de cannes et de l'obtention de



nouvelles variétés. Il existe un fait indiscutable, c'est que depuis de longues années déjà les variétés introduites à Maurice après avoir, pour quelques-unes d'entre elles, donné de bons résultats et des séries de récoltes abondantes, ont perdu peu à peu de leur vitalité et ont fini par fournir des rendements si aléatoires qu'elles ont été abandonnées par la culture. La cause d'une telle situation est beaucoup moins évidente, et les explications qu'on en donne parfois sont très discutables, elles sont probablement très complexes et difficiles à déterminer exactement, mais le fait est indéniable et il faut en tenir compte. Actuellement, les anciennes variétés disparaissent; il faut en trouver de nouvelles qui, à leur tour, soutiendront la culture pendant un certain nombre d'années; or, les semis de cannes, par la diversité de variétés qu'ils produisent, peuvent donner naissance à une ou plusieurs variétés de cette nature et c'est à ce titre qu'il est utile de les poursuivre.

On attache parfois une influence prépondérante, au point de vue de l'obtention de bonnes variétés, aux semis de graines provenant déjà de cannes issues de graines, c'est-à-dire qu'à la troisième ou quatrième génération on obtiendrait des variétés plus rustiques et de meilleure qualité; il est possible, même probable, que de cette façon on stimulera la faculté de la plante à produire des semences plus fertiles, mais il est beaucoup moins évident que les produits vaudront mieux au point de vue cultural et industriel, c'est-à-dire donneront des rendements plus élevés et d'une plus grande richesse saccharine, et le seul point sur lequel on puisse compter c'est que des nombreux semis exécutés sortent une ou plusieurs variétés recommandables sous un rapport quelconque, soit qu'elles proviennent d'une ancienne variété, soit d'une canne ayant déjà été reproduite par semis.

Cette année, les semis faits à la Station ont été continués, environ trois cents plants ont été obtenus. Les premières graines mises en terre à la fin du mois d'août 1896 de fleurs venant d'être récoltées ont commencé à lever au bout de dix jours et la levée s'est continuée encore pendant une quinzaine de jours. Le 20 septembre, c'est-à-dire près d'un mois après, on a semé des graines identiques

aux premières, mais les premiers plants n'ont commencé à apparaître qu'après 18 jours et beaucoup moins nombreux, ce qui indique qu'on doit semer le plus tôt possible après la récolte parce que les graines fertiles semblent perdre rapidement leurs facultés germinatives.

Quand un semis ne réussit pas, l'insuccès doit être attribué presque généralement à ce que les graines employées n'étaient pas fertiles, si toutefois il n'y a pas eu négligence dans les soins qui sont indispensables à une graine ténue et aussi délicate que la graine de canne à sucre. Le point essentiel, mais le plus difficile, est d'avoir de bonnes graines, et quand on récolte les inflorescences on ne peut être assuré de leur qualité. Certaines localités semblent réunir plus que d'autres les conditions nécessaires à la fécondation et à la maturation des graines. Dans les nombreux essais entrepris à la Station, les fleurs ramassées sur place et aux environs n'ont jamais donné de résultats satisfaisants malgré toutes les précautions prises pour la récolte, celle-ci se faisant sur des panicules à divers degrés de maturité depuis le début de leur complet épanouissement jusqu'au moment où les épillets sont presque complètement détachés et tombent sur le sol.

D'un autre côté, des fleurs récoltées dans quelques localités du littoral sans précautions spéciales ont presque toujours donné des résultats satisfaisants; il y a là une question de situation et d'exposition ou de circonstances météorologiques qui semblent influencer d'une manière particulière la fécondation ou la maturation de la graine.

Cette année, il a été mis à la disposition de la Station un terrain situé au Pamplemousses à côté du Jardin Botanique sur les terres de l'ancienne propriété de « Mon Plaisir ». Ce terrain anciennement planté en cannes et abandonné depuis plusieurs années était recouvert de bois et de broussailles; il a été défriché et planté en cannes de graines avec les boutures provenant des cannes récoltées au Réduit et qu'il était utile d'expérimenter dans d'autres conditions et surtout sous un climat différent. Les résultats qu'elles y donneront comparés avec ceux obtenus au Réduit permettront de voir si cer-

taines variétés sont plus appropriées à un climat qu'à un autre, et il se peut que certaines espèces donnant de médiocres résultats au Réduit en donneront de meilleurs sur le littoral et *vice versa*.

La préparation du terrain ayant été faite tardivement, la plantation n'a pu avoir lieu en temps normal, d'autant plus qu'il s'agissait d'utiliser les têtes provenant de la coupe faite à la Station en octobre 1896.

Une autre partie du terrain a été plantée au café de Libéria (200 plants); cette variété prospère sur les terres chaudes du littoral et n'est pas sujette aux attaques de l'*Hemileia Vastatrix* qui a détruit dans certaines localités les caféiers ordinaires, ou tout au moins ce cryptogame ne se développe pas abondamment sur ses feuilles et l'arbuste résiste parfaitement à ses attaques. La culture du café Libéria n'a pas été expérimentée à Maurice, il existe seulement quelques plants sur divers points de la colonie, qui sont généralement prospères et vigoureux. Il ne serait pas sans intérêt de se rendre compte de l'avenir de cette culture dans les différentes localités de l'île et nous avons profité du terrain des Pamplemousses pour en faire l'essai. Si le café de Libéria n'est pas atteint par l'*Hemileia,* il est attaqué par un insecte très répandu dans la colonie, cet insecte (*Ralopus* sp.), connu généralement sous le nom de scarabé, dévore les feuilles du café Libéria dont il ne laisse parfois que la nervure médiane. Nous ne l'avons observé que sur de jeunes caféiers en pépinière, où ses dégâts n'étaient pas sans importance puisque certains plants ont été en quelques jours complètement dépouillés de leurs feuilles. Il ne paraît pas s'attaquer au caféier ordinaire, car lorsque le café du pays est intercalé entre des plants de Libéria, ces derniers seuls subissent ses atteintes; cet insecte dévore aussi les feuilles de beaucoup d'autres arbustes, notamment de l'oranger et du citronnier et ses ravages sont souvent attribués à tort au papillon appelé papillon Vinson, malheureusement ce coléoptère est absolument dédaigné par les oiseaux dits insectivores.

Au Réduit il a été aussi planté du café de Libéria et du café du pays. Ce dernier dont la culture avait été abandonnée après l'apparition de l'*Hemileia* peut résister à ce champignon au moyen des

traitements par les sels de cuivre. A la Réunion, par des pulvérisations suivies et des soins culturaux intelligents, on a réussi à enrayer la maladie et la culture du café ordinaire paraît entrer dans une phase nouvelle. Au Réduit, les quelques arbustes plantés il y a trois ans commencent à rapporter et s'ils ne sont pas tout à fait indemnes des atteintes de l'*Hemileia,* du moins ils n'en souffrent pas trop et les baies qu'ils portent arrivent facilement à une maturité complète.

L'*Hemileia* se développe surtout pendant la saison chaude et pluvieuse : aussi les traitements au cuivre doivent avoir lieu à cette époque ; au Réduit les pulvérisations sont commencées en novembre et continuées de mois en mois jusqu'en mai ou juin; on se sert de la bouillie bordelaise sucrée à 2 p. 100 de sulfate de cuivre sans excès de chaux, c'est-à-dire en en ajoutant de façon à ne pas rendre la mixture alcaline.

C'est pour continuer ces essais sur une plus vaste échelle, qu'il a été planté cette année une plus grande quantité de caféiers; cette petite plantation a été faite sur terrain nu où il semble que le café résiste mieux que lorsqu'il est planté sous bois ou du moins entre des arbres plus ou moins rapprochés. Le bois d'oiseau (*Tetranthera laurifolia*), qui constitue généralement les terrains boisés dans lesquels on serait tenté de planter le caféier, est un des plus mauvais abris qu'on puisse trouver, ses racines nombreuses s'étendent au loin, et si, à proximité d'un de ces arbres on creuse un trou pour y mettre un plant quelconque, elles s'y ramifient et l'envahissent rapidement en s'y développant d'autant plus que la terre a été ameublie et amendée; alors l'arbuste qu'on y a placé est affamé par ce voisinage, sa végétation est languissante, il reste chétif et dans ces conditions précaires il résiste beaucoup moins facilement à l'envahissement du champignon.

Avant la maturation des baies et alors que la graine du café est encore verte, on a remarqué à la Réunion que la larve d'un papillon de la famille des Pyraliens attaque le pédoncule à la base du fruit, puis pénètre dans la baie dont il dévore les tissus; le fruit alors noircit et se dessèche, puis tombe sur le sol; c'est ce que l'on appelle *coulure du café*. Dans certaines plantations, cet insecte a, paraît-il, réduit la récolte d'un tiers et on ne connaît pas d'autre moyen de

destruction que celui de cueillir les baies attaquées et de les brûler pour empêcher sa propagation. — Ce papillon existe également à Maurice; nous ne l'avions pas observé l'an dernier, mais cette année ses dégâts n'ont pas été sans importance.

La description de cet insecte est la suivante, d'après M. Bontilly, inspecteur des forêts et chef du service forestier du Crédit Foncier Colonial à la Réunion : « L'insecte parfait est un papillon nocturne de petite taille, de $6^{mm},1/2$ de longueur et de 11 millimètres d'envergure au repos, les ailes restant ouvertes dans cette position. Les deux grandes cachent en partie les deux petites. La couleur générale des ailes est brune, mais foncée et d'un beau gris près du corps pour finir par une bordure sinueuse d'un brun clair doré à la base de l'aile. Sur la marge de chacune des deux ailes supérieures, on remarque quatre plaques d'un blanc nacré aux reflets bleuâtres, de forme irrégulière et nettement dessinée par une fine bordure noire. Les ailes sont finement plissées, légèrement cotonneuses. Les antennes sont ténues, de couleur jaune d'or, le corselet argenté. Le dessous des ailes est beaucoup plus clair que la partie supérieure, la couleur générale est alors le gris argenté tirant sur le jaune, à mesure qu'on se rapproche de la base. L'abdomen est gris argenté. Les trois paires de pattes, d'abord argentées près du corps, tendent de plus en plus vers la couleur brun clair doré en allant vers les extrémités. »

Des essais de culture de tabac ont été entrepris depuis quelque temps à la Station, afin de voir si, dans toutes les circonstances, le tabac récolté à Maurice est de qualité aussi inférieure qu'on le dit généralement. Ces essais se poursuivent actuellement et les résultats déjà obtenus semblent indiquer qu'il ne serait pas impossible de produire du tabac de qualité ordinaire et qui serait loin d'être infumable. Sans chercher actuellement à faire des tabacs pour l'exportation, on pourrait commencer à en produire pour la consommation locale qui est assez considérable, et comme le climat de Maurice est très favorable à cette culture, il ne semble pas impossible de trouver des terrains produisant des tabacs de qualité courante. La production de l'arome spécial qui fait la réputation et la valeur de

certains tabacs, comme ceux de la Havane par exemple, tient surtout à la nature du terrain; il y a là une question de cru qui est particulière à ces terres privilégiées et que rien ne peut remplacer, mais dans une situation déterminée la qualité ne dépend pas uniquement du terrain et de son exposition, elle peut être plus ou moins modifiée par l'espèce à cultiver, la distance des plants, l'époque de la récolte, la préparation des feuilles, etc., qui sont autant de facteurs importants et qui ne doivent pas être livrés au hasard.

Le discrédit dont jouit le tabac indigène doit provenir en partie de l'époque où cette culture était libre et où chacun pouvait planter quelques pieds de tabac dont les feuilles, n'étant l'objet d'aucun soin, arrivaient à la consommation en plus ou moins mauvais état; il en serait autrement si, entreprise sur une étendue moins restreinte, elle était conduite normalement.

Le tabac est une plante qui exige beaucoup de soins et de travail depuis la plantation jusqu'au moment de la vente; il suffit de la récolter avant ou après sa maturité pour modifier complètement ses propriétés et aucune précaution ne doit être négligée pour lui conserver ou pour lui communiquer les qualités demandées par le consommateur.

Sa principale qualité est la combustibilité et c'est surtout celle qui, dit-on, ferait défaut au tabac récolté à Maurice, mais cet inconvénient n'est pas inévitable, puisque la généralité des tabacs récoltés au Réduit est au moins d'une bonne combustibilité moyenne, et ce qu'on pourrait leur reprocher c'est de ne pas posséder l'arome particulier qu'on recherche dans les tabacs d'importation; néanmoins, la plupart des amateurs qui ont bien voulu donner leur avis à ce sujet ont trouvé très passables les cigares qui avaient été fabriqués à la Station.

Nous pensons donc que si, avec les conditions primitives dans lesquelles nous avons opéré, absence de séchoir convenable, pas de fermentation en meule à cause de la petite quantité de tabac récolté, le produit n'était pas de mauvaise qualité, on peut admettre que cette qualité s'améliorerait notablement si la manipulation à partir de la récolte était conduite telle qu'elle doit l'être dans une fabrication normale.

La gomme a été encore moins abondante sur les cannes cette année qu'en 1895 et dans quelques quartiers on recommence à planter la canne bambou qui avait été presque complètement abandonnée sur certaines propriétés ; néanmoins, cette affection est loin d'avoir disparu et si son acuité semble s'atténuer, elle existe toujours plus ou moins, non seulement sur la bambou qui est la plus sensible à ses atteintes, mais sur beaucoup d'autres espèces ; s'il est utile de conserver cette variété qui se recommande par ses qualités spéciales, il ne serait peut-être pas prudent pour une propriété de la cultiver sur une trop grande échelle.

Les allures de cette maladie sont anormales et dans certains quartiers des carreaux qui étaient gravement atteints ont donné l'année suivante de très belles repousses où la maladie semblait avoir complètement disparu. Il est vrai de dire que les cannes bambou ont été coupées au début de la saison et qu'on s'est d'autant plus empressé de les manipuler que l'on craignait de voir se renouveler les dégâts observés pendant les années précédentes et dont la gravité s'accentue au fur et à mesure que la saison de coupe est plus avancée.

Pour les nouvelles plantations il est de toute nécessité de choisir les têtes des cannes dans des champs où l'on n'observe aucune trace de maladie et autant que possible de les prendre sur une propriété indemne. Malgré l'obscurité qui règne encore sur les causes de cette affection et son mode de propagation, il est évident que l'on en sera d'autant plus à l'abri qu'il aura été pris plus de précautions pour n'en pas introduire les germes dans la plantation à créer ; même dans ce cas on aura toujours à craindre sa réapparition, tandis qu'en mettant en terre des têtes de cannes gommeuses on sera à peu près certain d'avoir une pousse irrégulière, la maladie se manifestera dès le début et les rejets qui sortiront de la bouture seront souvent malingres et périront avant d'avoir pu constituer une souche.

IV. — Essais d'engrais divers.

Cette année, on s'est généralement abstenu d'entreprendre les essais d'engrais qui avaient été recommandés il y a deux ans, ou du moins, s'ils l'ont été sur quelques propriétés, nous n'avons reçu

aucun renseignement à cet égard et n'en connaissons pas les résultats.

Lorsque la culture du sol est prospère et que les récoltes laissent un large bénéfice à celui qui l'exploite, on comprend jusqu'à un certain point que l'on néglige les recherches qui pourraient aboutir à une augmentation de rendement ou, ce qui revient pratiquement au même, à une diminution du prix de revient; mais lorsque cette exploitation tend à devenir de moins en moins rémunératrice, ce qui paraît véritablement résulter de la situation actuelle et des plaintes nombreuses que l'on entend de tous côtés, ces recherches devraient intéresser davantage le producteur, et chacun, semble-t-il, devrait y contribuer dans la limite de ses moyens; cependant, c'est à ce moment qu'on s'en préoccupe le moins, et c'est d'autant plus regrettable que les essais commencés auraient dû être continués et reproduits pendant quelques années, afin de pouvoir en tirer des données certaines et pratiques.

On a eu raison de dire que si les expériences de culture ne doivent pas être bien faites et rigoureusement suivies, il vaut mieux ne pas s'en occuper. Est-ce pour ce motif que l'abstention est générale? On serait presque tenté de le croire, car il est difficile de trouver une autre cause sérieuse.

Pour entreprendre un essai dans de bonnes conditions sur une propriété à Maurice, il faut, pour ainsi dire, une double collaboration, celle du propriétaire et celle de l'administrateur, et c'est assurément cette dernière qui est la plus importante, car quand l'administrateur sera convaincu de l'utilité et de l'avantage des essais culturaux de quelque nature qu'ils soient, et qu'il espérera en retirer une indication utile, on est sûr qu'ils seront surveillés et bien exécutés et qu'on pourra compter sur les résultats obtenus.

Ces essais n'entraînent cependant pas une grande dépense pour une propriété, surtout ceux concernant les engrais; il s'agit simplement d'un peu plus de surveillance et de soins, puisqu'il faut répartir uniformément l'engrais dans chaque lot d'égale superficie, et à la récolte couper chaque essai séparément et le peser; seulement c'est un travail dont il faut se charger soi-même, ou le faire exécuter par quelqu'un sur qui on puisse compter, et non

pas donner des ordres sans s'occuper s'ils seront exécutés convenablement.

On éprouve aussi de la difficulté à trouver un terrain bien uniforme; si on le possède, on hésite avant de le consacrer à une expérience, et parfois on choisit un carreau, le premier venu, plus ou moins accidenté ou irrégulier, toujours assez bon, pense-t-on, pour faire un essai, et sur lequel les résultats des divers lots ne seront plus comparables.

On a suggéré parfois que la Station devrait posséder des terrains sur divers points de la colonie pour y faire des essais; mais à cause de l'éloignement, l'organisation et la surveillance des divers travaux seraient difficiles, et la seule façon pratique de les entreprendre, c'est que le propriétaire se charge du travail suivant les indications qui lui seraient données par la Station. Il n'est guère probable que la dépense soit un obstacle à leur exécution, mais si cependant cela était, on pourrait encore y arriver et la Station pourrait rembourser toutes les dépenses du propriétaire qui, naturellement, lui tiendrait compte de la valeur de la récolte obtenue. La véritable cause de cette abstention doit cependant être beaucoup plus simple que celles que nous énumérons; il est probable qu'elle est due principalement à ce que chaque planteur croit que ses méthodes culturales sont parfaites et que toute modification lui semble inutile.

Cependant, les essais culturaux sont d'une telle importance et si fertiles en résultats que nous croyons devoir insister encore sur ce sujet, d'autant plus que les expériences sur la canne à sucre sont plus difficiles, ou du moins qu'il est moins facile d'en tirer des conclusions immédiates que pour beaucoup d'autres cultures, pour plusieurs raisons dont les deux principales sont les suivantes :

D'abord le temps pendant lequel la canne végète avant d'être récoltée, un an pour les repousses et deux ans pour les cannes vierges, époque pendant laquelle la canne reste soumise à toutes les influences climatériques ou autres qui lui sont favorables ou défavorables, et les engrais agissent d'autant mieux ou donnent des résultats d'autant plus visibles et marqués que la plante expérimentée met moins de temps pour se développer complètement, c'est-à-dire du moment de la plantation à celui de la récolte.

En outre, chaque souche de cannes, comme tout végétal en général, possède une certaine individualité qui fait que deux plants placés l'un à côté de l'autre sont rarement identiques sous tous les rapports, et souvent l'un d'eux prend un développement plus considérable sans qu'on puisse toujours l'attribuer à une cause connue, de sorte que plus le nombre de sujets faisant partie d'un lot d'expérience est grand, et plus on sera à l'abri de ces anomalies ; or, les plants de cannes sont toujours relativement très espacés, puisqu'on n'en compte qu'environ 7 000 à l'hectare — il faudrait donc prendre pour chaque lot une surface assez considérable pour atténuer dans la mesure du possible ces accidents, mais d'un autre côté on se heurte à un autre inconvénient, c'est que le terrain peut ne pas être homogène et les divers essais à comparer ne seraient plus dans les mêmes conditions. Ce sont deux extrêmes qu'il faut tâcher d'éviter, mais cela n'est pas toujours possible, de sorte que pour la canne, plus que pour la plupart des autres cultures, il faut multiplier les essais afin de se mettre à l'abri d'une conclusion trop prématurée.

En 1896, le champ d'essai de la Station a été coupé en premières repousses, puis il a reçu les mêmes engrais qu'on avait déjà donnés en 1895 pour les cannes vierges ; le tableau IV indique les résultats obtenus.

La récolte s'est faite le 15 octobre 1896, les vierges ayant été coupées le 9 octobre 1895.

Le guanage a eu lieu le 20 décembre 1895 avec les mélanges dont nous rappellerons la composition.

Les lots sont de $\frac{1}{16}$ d'arpent et comprennent 190 fossés. La fumure employée et correspondante à l'arpent était de 30 kilogr. d'azote, 40 kilogr. d'acide phosphorique et 30 kilogr. de potasse.

Parcelles 1 à 4. — 40 kilogr. d'acide phosphorique, dont moitié par le superphosphate et moitié par le guano phosphaté ; 30 kilogr. de potasse par le sulfate de potasse ; l'azote est employé sous des formes différentes.

Parcelle 1 : 30 kilogr. azote organique par le sang desséché.

Parcelle 2 : 30 kilogr. azote ammoniacal par le sulfate d'ammoniaque.

Parcelle 3 : 30 kilogr. azote nitrique par le sulfate de soude.

Parcelle 4 : Mélange des trois azotes : 10 kilogr. organique, 10 kilogr, ammoniacal et 10 kilogr. nitrique.

Parcelle 5. — Engrais de la parcelle 4, plus 30 p. 100 du même mélange.

Parcelle 6. — Engrais de la parcelle 4, mais une demi-fumure seulement.

Parcelles 7 à 9. — Mêmes doses que parcelle 4. Dans la parcelle 7, la potasse est à l'état de chlorure de potassium et à l'état de nitrate dans la parcelle 8. En 9, même dosage, mais cette parcelle a été en partie détruite par les cerfs.

Parcelles 11 à 14. — Mêmes doses et composition que dans la parcelle 4 pour l'azote et la potasse; l'acide phosphorique est employé sous les formes suivantes :

Parcelle 11 : Acide phosphorique soluble dans l'eau par le superphosphate.

Parcelle 12 : Acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque par le phosphate précipité.

Parcelle 13 : Acide phosphorique insoluble par le guano phosphaté.

Parcelle 14 : Mélange par parties égales d'acide phosphorique soluble et insoluble.

Parcelles 15 à 17. — Avec le même mélange que dans la parcelle 4, les parcelles ont reçu en plus : dans le n° 15, 15 kilogr. de potasse par le nitrate de potasse; en 16, 20 kilogr. d'acide phosphorique par le superphosphate, et en 17, 10 kilogr. d'azote par le nitrate de soude.

Parcelles 18 à 21. — Ces parcelles ont reçu des engrais incomplets, c'est-à-dire la fumure n° 4 dans laquelle il manquait un élément; l'azote pour la parcelle 18; l'acide phosphorique pour la parcelle 19 et la potasse pour le n° 20; la parcelle 21 n'a rien reçu.

La partie du terrain où se trouve cette dernière série paraît inférieure aux autres parties du champ et moins homogène, ainsi que nous le faisions remarquer l'an dernier; en outre, les trois dernières parcelles ont été légèrement endommagées par les cerfs.

Tableau IV. — Analyse des cannes du champ N° 2, le 15 octobre 1896.

Numéros des parcelles.	Densité à 15°.	Baumé.	Pour 100 centim. cubes.		Pour 100 de cannes.		Pureté.	Coefficient glucosique.	Rendement à l'arpent.	Sucre produit à l'arpent.
			Sucre.	Glucose.	Sucre.	Glucose.			Kilogr.	Kilogr.
1	108,3	11,2	19.14	0.70	14.84	0.53	86.8	3.5	39 600	5 876
2	8,2	11,0	19.06	0.66	14.79	0.50	87.5	3.4	39 000	5 768
3	8,1	10,9	18.53	0.81	14.39	0.63	86.1	4.4	40 000	5 756
4	7,9	10,7	18.17	0.88	14.14	0.68	87.0	4.7	41 900	5 924
5	7,8	10,5	17.72	1.21	13.80	0.94	85.4	6.8	46 100	6 362
6	8,0	10,8	18.89	0.88	14.69	0.68	89.3	4.6	35 700	5 244
7	8,1	10,9	18.71	1.27	14.53	0.98	86.9	6.7	38 100	5 536
8	8,0	10,8	18.71	1.14	14.54	0.88	88.4	6.0	31 100	4 522
9	8,0	10,8	19.14	0.93	14.88	0.72	90.4	4.8	26 100	3 883
11	8,5	11,4	20.13	0.48	15.58	0.37	89.4	2.3	38 600	6 014
12	8,7	11,7	20.31	0.46	15.69	0.35	88.2	2.2	39 600	6 213
13	8,6	11,6	20.13	0.48	15.56	0.37	88.4	2.3	32 900	5 119
14	8,6	11,5	20.39	0.47	15.76	0.36	89.5	2.2	36 500	5 742
15	8,1	10,9	18.71	0.87	14.53	0.67	86.9	4.5	36 800	5 346
16	8,1	10,9	18.53	0.98	14.39	0.75	86.1	5.2	37 300	5 367
17	8,1	10,9	18.53	1.01	14.39	0.78	86.1	5.4	39 000	5 612
18	8,2	11,0	19.05	0.90	14.79	0.69	87.5	4.7	33 200	4 910
19	7,9	10,7	18.53	1.07	14.43	0.83	88.7	5.7	19 100	2 756
20	7,7	10,4	17.99	1.40	14.02	1.08	88.3	7.7	22 600	3 168

L'analyse des cannes du tableau IV a été faite sur les jus d'usine provenant du premier moulin, elle présente donc bien exactement la richesse moyenne. Elle ne varie guère dans les parcelles de la même série, et on peut considérer pratiquement les richesses saccharines comme équivalentes dans les divers lots.

L'an dernier, ces cannes récoltées en vierges étaient très pauvres, tandis qu'elles sont cette année d'une richesse relativement élevée,

de sorte que, malgré la réduction sur le poids des cannes récoltées, le sucre produit à l'arpent est sensiblement le même.

L'influence de la nature des engrais sur la richesse saccharine n'est pas plus marquée que dans les essais précédents, les différences que l'on peut observer sont dans l'ordre de celles qui peuvent se présenter dans les cannes du même carreau traitées d'une façon identique, et elles ne pourraient être mises à l'actif de l'engrais que si elles se reproduisaient dans une série d'essais de même nature. Si on prend la moyenne des richesses des deux années consécutives, vierges et repousses, pour les lots où la nature de l'engrais pourrait avoir de l'influence, on a des résultats semblables aux précédents ainsi que le montrent les chiffres suivants :

	RICHESSE moyenne.
Azote organique	12.11
Azote ammoniacal	11.86
Azote nitrique	11.94
Azote mélange	12.05

et dans les parcelles à engrais incomplet :

Sans azote	13.43
Sans acide phosphorique	13.25
Sans potasse	13.08

Les poids de cannes à l'arpent sont également peu différents dans la première série, les parcelles 5 et 6 seules indiquent l'influence d'une fumure plus ou moins copieuse.

Dans la série des phosphates, l'acide phosphorique insoluble a donné un rendement inférieur, tandis que pour les cannes vierges on avait constaté un résultat inverse ; la moyenne des deux rendements, vierges et repousses, est de :

Acide phosphorique	soluble dans l'eau	48 000	kilogr.
— —	soluble dans le citrate	50 200	—
— —	insoluble dans le citrate	49 100	—
— —	insoluble et soluble	50 200	—

Il résulterait que l'acide phosphorique soluble est préférable pour les repousses et que l'acide phosphorique insoluble peut remplacer

avantageusement l'acide phosphorique soluble dans les vierges, c'est possible, mais nous attendons d'autres résultats avant de prendre le fait comme acquis.

Les indications fournies par les parcelles 18 à 21 ne doivent pas être acceptées sans réserves pour les raisons indiquées plus haut, et les résultats relatifs à l'acide phosphorique demandent confirmation.

Sur un autre terrain anciennement en culture, on a reproduit les expériences sur la forme de l'azote. Les cannes étaient des Lousier en premières repousses, coupées en vierges le 25 octobre 1895 et guanées le 30 décembre; elles ont été coupées le 14 novembre 1896.

La composition de l'engrais est identique à celle des parcelles précédentes, 1 à 4, même engrais dans les quatre parcelles, mais l'azote sous forme variable. L'analyse des cannes a été faite sur le jus extrait au petit moulin du laboratoire, et peut présenter moins d'exactitude que dans le premier cas; les résultats ont été les suivants :

CHAMP N° 3.	DENSITÉ à 15°.	POUR 100 centim. cubes.		POUR 100 de cannes.		COEFFICIENT glucosique.	PURETÉ.	RENDEMENT à l'arpent.
		Sucre.	Glucose.	Sucre.	Glucose.			
Sang desséché . . .	109,3	22.80	0.45	17.53	0.33	1.9	92.3	22 760
Sulfate d'ammoniaque.	9,4	23.24	0.29	17.84	0.23	1.2	93 1	24 770
Nitrate de soude . .	9,4	22.98	0.39	17.65	0.29	1.6	93.0	21 220
Azote par tiers . . .	9,2	22.71	0.30	17.45	0.23	1.3	93.1	23 540
Sans engrais	8,7	21.20	0.39	16.38	0.29	1.7	91.7	16 000

Sur une autre partie du même champ, on a ajouté l'engrais ordinaire n° 4, mais, dans chaque lot, on a augmenté respectivement d'un tiers la dose de chacun des éléments. Chaque parcelle a donc reçu en plus et rapporté à l'arpent :

Parcelle 1. 10 kilogr. d'azote nitrique.
— 2. 10 kilogr. d'azote nitrique.
— 3. 15 kilogr. d'acide phosphorique.
— 4. 10 kilogr. de potasse.

Dans la parcelle 1, les 10 kilogr. d'azote supplémentaire ont été ajoutés en même temps que la fumure générale ; dans la parcelle 2, ils ont été ajoutés seulement en mai.

N° 1.	109,2	22.20	0.36	17.07	0.28	1.6	91.1	22 509
N° 2.	8,6	20.07	0.59	15.98	0.45	2.8	90.8	25 160
N° 3.	8,8	21.28	0.52	15.42	0.39	2.4	91.3	24 260
N° 4.	8,6	21.20	0.57	15.28	0.43	2.6	92.1	24 880

V. — Composition minérale d'une récolte de cannes.

Si la proportion des substances minérales contenues dans une récolte ne permet pas de calculer d'une manière absolue la quantité et la nature des engrais à lui appliquer, elle est un des facteurs importants de cette évaluation, et elle donne la mesure de ses exigences culturales qui, mises en parallèle avec la nature et les ressources du sol, fournissent les indications nécessaires pour y arriver.

Ces exigences peuvent subir des variations qu'il est utile de constater et de déterminer. Nous établissons donc ci-après la composition minérale de la canne à diverses périodes de sa végétation, c'est-à-dire à des époques de plus en plus rapprochées de la récolte.

L'absorption des principes minéraux ne paraît pas très régulière dans le cas présent, et cette variation ne semble pas uniquement devoir être attribuée à la difficulté de la prise d'un échantillon moyen d'une récolte, mais aussi au mode spécial de végétation de la canne, aux alternatives d'arrêt et d'activité de sa croissance sous notre climat et à la longue période pendant laquelle elle reste soumise à ces influences avant d'être récoltée.

Les résultats suivants ont été obtenus sur des cannes vierges, et il est possible que sur des repousses dont la végétation est plus rapide et plus régulière, les variations que l'on y remarque soient moins accentuées. Tels qu'ils sont, ils permettent de se rendre compte de la proportion d'éléments prélevés dans le sol par une récolte moyenne et d'établir le bilan de la culture, c'est-à-dire la somme des principes contenus dans la récolte et qui doivent être fournis tant par le sol que par les engrais.

Les cannes (Lousier) ont été plantées en janvier 1894 et guanées

en avril suivant. Les échantillons ont été prélevés chaque mois à partir du 6 mai jusqu'en octobre 1895, c'est-à-dire durant les six mois qui précèdent la récolte et alors que les tiges avaient déjà acquis les trois quarts de leur développement total.

A chaque fois on a choisi six cannes représentant la moyenne du champ, les tiges ont été divisées longitudinalement en deux parties identiques ; l'une d'elles a été passée au moulin pour avoir la richesse saccharine du jus, l'autre a servi à la détermination de la matière sèche et au dosage des matières minérales.

L'analyse a été faite séparément sur les tiges et sur les feuilles, celles-ci comprenant toute la sommité de la canne à partir de la dernière feuille verte adhérente à la tige. La richesse saccharine des tiges a été déterminée par l'analyse du jus extrait au moulin en comptant une proportion de jus normal de 84 p. 100.

Ces diverses déterminations ont donné les résultats suivants :

	MAI.	JUIN.	JUILLET.	AOÛT.	SEPTEMBRE.	OCTOBRE.
Proportion centésimale des tiges et des feuilles :						
Tiges	66.1	70.5	66.5	69.7	75.1	79.6
Feuilles . . .	33.9	29.5	33.5	30.3	24.9	20.4
Canne entière .	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Matière sèche p. 100 de cannes :						
Matière sèche .	21.90	23.40	25.33	24.87	25.60	23.30
Eau.	78.10	76.60	74.67	75.13	74.40	76.70
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Matière sèche p. 100 de feuilles :						
Matière sèche .	18.46	23.00	22.73	25.83	22.94	20.00
Eau.	81.54	77.00	77.27	74.17	77.06	80.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Richesse saccharine de la canne :						
Sucre	9.56	9.94	12.26	13.14	13.70	11.50
Glucose . . .	1.31	1.20	0.98	0.65	0.45	0.45
Total. .	10.86	11.14	13.24	13.79	14.15	11.95

Pour l'évaluation du poids de la récolte à chaque prise d'essai, il n'a pas été possible de se baser sur celui des cannes prélevées pour l'analyse ; les variations dans la croissance n'étant pas considérables

d'un mois à l'autre, ne pourraient être constatées en raison de la difficulté de choisir des cannes représentant exactement le poids moyen de la récolte à un moment déterminé. Pour se rendre compte de l'accroissement, on a choisi un certain nombre de tiges moyennes qui ont été mesurées exactement et dont les entre-nœuds découverts ont été comptés chaque fois jusqu'à la première feuille verte encore adhérente. On a eu de cette façon l'accroissement en longueur, et à la récolte les cannes ont été divisées en sections correspondantes au mesurage précédent et pesées séparément. On obtient ainsi l'accroissement en poids d'une façon aussi précise qu'il est possible de le faire, et c'est sur ces données que sont calculés les poids successifs de la récolte.

Les moyennes obtenues ont été les suivantes :

POIDS moyen d'une canne.	POIDS successifs de la récolte en tiges, le poids final étant égal à 100.	LONGUEUR moyenne d'une canne.	LONGUEUR relative.	NOMBRE d'entre-nœuds découverts sur une canne moyenne.
kilogr.	kilogr.	mètres.	mètres.	
1,362	73,1	1,75	67,5	24
1,631	87,5	2,17	83,7	29
1,709	91,7	2,29	88,4	32
1,781	95,6	2,37	91,5	33
1,836	98,6	2,51	96,5	34
1,861	100,0	2,59	100,0	36

On remarque qu'en ramenant les accroissements en poids et en longueur à 100, les deux nombres diffèrent légèrement et que l'accroissement en longueur est plus élevé que l'augmentation en poids; cela est dû à ce que la canne n'a pas la même grosseur sur toute sa longueur et que son diamètre diminue dans la partie supérieure de la tige.

Avec ces données, on calcule que 100 kilogr. de tiges à la récolte donnent aux diverses époques les proportions centésimales suivantes de cannes et de feuilles :

Tiges. . . .	73.1	87.5	91.7	95.6	98.6	100.0
Feuilles. . .	37.4	36.5	45.8	41.4	42.6	25.5
Poids total .	110.5	124.0	137.5	137.0	131.2	125.5

et pour une récolte de 30 000 kilogr. de cannes à l'arpent :

	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
Tiges	21 930	26 250	27 510	28 680	29 580	30 000
Feuilles . . .	11 230	10 940	13 750	12 420	9 790	7 650
Total	33 160	37 190	41 260	41 100	39 370	37 650

L'irrégularité de la proportion des feuilles relativement au poids des tiges tient à plusieurs causes : d'abord à ce que l'échantillon sur lequel a porté l'analyse n'est pas le même que celui qui a servi à la mesure de l'accroissement, puis à ce que la longueur de la canne ayant été prise jusqu'à la dernière feuille verte, il suffit qu'une feuille soit sèche ou verte pour modifier sensiblement la longueur relative sur un lot et faire varier sur l'autre la proportion centésimale des tiges et des feuilles, variations qui peuvent ne pas toujours se produire dans le même sens et occasionner ces différences.

Les tableaux V à VIII contiennent :

Tableau V : Composition centésimale des cendres pures, c'est-à-dire moins le charbon et l'acide carbonique, cannes et feuilles.

Tableau V. — Composition centésimale des cendres moins l'acide carbonique.

	6 MAI.	6 JUIN.	6 JUILLET.	6 AOUT.	6 SEPTEMBRE.	7 OCTOBRE.
			CANNES.			
Silice.	37.79	43.05	51.49	53.70	54.60	50.46
Chlore	3.46	2.88	1.13	0.59	0.49	0.59
Acide sulfurique . .	6.33	8.14	7.54	9.81	9.40	8.54
Acide phosphorique .	4.90	4.87	4.85	4.43	4.56	5.40
Chaux	5.42	6.43	7.19	8.01	8.36	7.77
Magnésie	7.23	8.00	10.73	9.28	9.30	6.54
Potasse.	32.26	25.20	15.55	12.26	11.92	19.07
Soude	1.23	0.52	0.50	0.33	0.49	0.55
Oxyde de fer. . . .	2.15	1.56	1.27	1.72	0.99	1.21
			FEUILLES.			
Silice.	46.05	55.62	57.57	57.93	58.26	57.75
Chlore	4.34	4.06	3.32	2.46	3.10	4.33
Acide sulfurique . .	5.00	5.18	3.89	6.65	7.14	4.46
Acide phosphorique .	3.91	2.96	3.52	3.22	2.59	2.65
Chaux	5.75	5.13	5.60	7.01	7.48	5.94
Magnésie	4.44	4.10	5.94	7.73	5.64	3.96
Potasse.	29.13	21.74	18.61	13.43	15.10	20.65
Soude	0.52	0.73	0.52	1.67	0.62	0.50
Oxyde de fer. . . .	1,83	1.39	0.78	0.39	0.75	0.73

Tableaux VI et VII : Matières minérales contenues dans 100 kilogr. de matière naturelle, c'est-à-dire à l'état vert, cannes et feuilles, et dans 100 kilogr. de matière desséchée à 100°.

Tableau VI. — Matières minérales contenues dans 100 kilogrammes.

	6 MAI. — kilogr.	6 JUIN. — kilogr.	6 JUILLET. — kilogr.	6 AOUT. — kilogr.	6 SEPTEMBRE. — kilogr.	7 OCTOBRE. — kilogr.
			CANNES.			
Silice.	0,176	0.320	0,208	0,227	0,212	0,238
Chlore	0,016	0,021	0,005	0,003	0,002	0.003
Acide sulfurique . .	0,029	0,061	0,031	0,041	0,036	0,040
Acide phosphorique .	0,023	0,036	0,020	0,019	0,018	0,025
Chaux	0,025	0,048	0,029	0,034	0,033	0,037
Magnésie	0,034	0,060	0,043	0,039	0,036	0,031
Potasse	0.150	0,188	0,063	0,052	0,046	0,090
Soude.	0,006	0,004	0,002	0,001	0,002	0,003
Oxyde de fer. . . .	0,010	0,012	0,005	0,007	0,004	0,006
Total. . . .	0,469	0,750	0,406	0,423	0,389	0,473
Azote.	0,110	0,131	0,071	0,074	0,106	0,100
			FEUILLES.			
Silice.	0,711	1,310	1,037	1,285	1,159	1,088
Chlore	0,067	0,096	0,060	0,055	0,062	0,082
Acide sulfurique . .	0,077	0,122	0,088	0,148	0,142	0,84
Acide phosphorique .	0,060	0,070	0,064	0,072	0,053	0,50
Chaux	0,089	0,121	0,101	0,155	0,149	0,112
Magnésie	0,069	0,096	0,107	0,173	0,112	0,075
Potasse	0,450	0,512	0,335	0,298	0,301	0,388
Soude	0,008	0,017	0,009	0,037	0,012	0,009
Oxyde de fer. . . .	0,028	0,033	0,014	0,009	0,015	0,014
Total. . . .	1,559	2,378	1,815	2,232	2,004	1,902
Azote	0,158	0,224	0,183	0,202	0,252	0,209

TABLEAU.

Tableau VII. — Composition de 100 kilogr. de substance sèche.

	6 MAI.	6 JUIN.	6 JUILLET.	6 AOUT.	6 SEPTEMBRE.	7 OCTOBRE.
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
			CANNES.			
Silice	0,805	1,373	0,824	0,913	0,830	1,024
Chlore	0,074	0,092	0,018	0,010	0,007	0,012
Acide sulfurique	0,135	0,260	0,121	0,167	0,142	0,173
Acide phosphorique	0,104	0,155	0,078	0,075	0,070	0,110
Chaux	0,115	0,205	0,115	0,136	0,127	0,158
Magnésie	0,154	0,255	0,170	0,158	0,141	0,133
Potasse	0,687	0,803	0,250	0.208	0,181	0,387
Soude	0,026	0,017	0,008	0,006	0,008	0,011
Oxyde de fer	0,046	0.050	0,020	0,029	0,015	0,024
Total	2,146	3,210	1,604	1,702	1,521	2,032
Azote	0,503	0,560	0,282	0,298	0,414	0,430
			FEUILLES.			
Silice	3,854	5,696	4,560	4,976	5,056	5,440
Chlore	0,363	0,416	0,263	0,211	0,269	0,408
Acide sulfurique	0,419	0,530	0,387	0,571	0,620	0,420
Acide phosphorique	0,327	0,303	0,279	0,277	0,225	0,250
Chaux	0,481	0,525	0,443	0,602	0,649	0,559
Magnésie	0,371	0,420	0,470	0,669	0,490	0,373
Potasse	2,438	2,226	1,474	1,154	1,311	1,945
Soude	0,044	0,075	0,041	0,143	0,054	0,047
Oxyde de fer	0,153	0,142	0,062	0,034	0,065	0,069
Total	8,451	10,333	7,979	8,637	8,740	9,511
Azote	0,857	1,020	0,806	0,782	1,101	1,048

Tableau VIII : Matières minérales contenues dans une récolte de 30 000 kilogr. de cannes à l'arpent, calculées d'après la proportion des tiges et des sommités obtenue à chaque essai, le poids des cannes à chaque époque étant estimé d'après l'accroissement constaté sur un lot de cannes identique à celui qui a servi aux analyses.

Tableau VIII. — Matières minérales contenues dans la récolte entière aux différentes époques.

	6 MAI.			6 JUIN.			6 JUILLET.			6 AOUT.			7 SEPTEMBRE.			7 OCTOBRE.		
	Tiges.	Feuilles.	Total.	Tiges.	Feuilles.	Total.	Tiges.	Feuilles.	Total.	Tiges.	Feuilles.	Total.	Tiges.	Feuilles.	Total.	Tiges.	Feuilles.	Total.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Poids total	21 930	11 230	33 160	26 250	10 940	37 190	27 510	13 750	41 260	28 680	12 420	41 100	29 580	9 790	39 370	30 000	7 650	37 650
Matière sèche	4 802	2 073	6 875	6 142	2 516	8 658	6 968	3 115	10 083	7 132	3 259	10 391	7 572	2 145	9 717	6 990	1 530	8 520
Azote	24,12	17,74	41,85	34,38	24,50	68,88	17,53	25,16	42,69	21,22	25,08	46,30	31,35	24,67	56,02	30,00	15,99	45,99
Silice	38,60	79,84	118,44	84,00	143,31	227,31	57,22	142,57	199,81	65,10	159,60	221,70	62,71	113,47	176,18	71,40	83,22	154,68
Chlore	3,51	7,52	11,03	5,51	10,50	16,01	1,37	8,25	9,62	0,86	6,83	7,69	0,59	6,07	6,66	0,90	6,27	7,17
Acide sulfurique	6,36	8,65	15,01	16,01	13,35	29,36	8,53	12,10	20,63	11,76	18,38	30,14	10,65	13,90	24,55	12,00	6,42	18,42
Acide phosphorique	5,04	6,74	11,78	9,45	7,66	17,11	5,50	8,80	14.30	5,45	8,94	14,39	5,32	5,09	10,41	7,6[illegible]	3,83	11,33
Chaux	5,48	10,00	15,48	12,60	13,24	25,84	7,98	13,89	21,87	9,75	19,25	29,00	9,76	14,56	24,32	11,10	8,57	19.67
Magnésie	7,46	7,74	15,20	15,75	10,61	26,36	11,83	14,71	26,54	11,18	21,48	32,66	10,65	10,96	21,61	9,80	5,74	15,14
Potasse	32,89	50,54	83,43	49,35	56,01	105,36	17,33	46,06	63,39	14,91	37,01	51,92	13,61	29,47	43,08	27,00	29,68	56,68
Soude	1,31	0,90	2,21	1,05	1,85	2,91	0,55	1,24	1,79	0,29	4,60	4,89	0,59	1,17	1.76	0,90	0,69	1,59
Oxyde de fer	2,19	3,14	5,33	3,15	3,61	6,76	1,37	1,92	3,29	2,01	1,12	3,13	1,18	1,47	2,65	1,80	1,07	2,87
Cendres totales	102,84	175,07	277,91	196,87	260,15	457,02	111,68	249,56	361,24	121,31	277,21	398,52	115,06	196,16	311,22	141,90	145,50	287,40

Dans la composition centésimale, tableau VIII, les différents éléments varient dans les divers lots, sans règle bien établie, excepté pour le chlore et la potasse, qui diminuent régulièrement tant dans les feuilles que dans les tiges au fur et à mesure que la canne approche de sa maturité. A toutes les époques, la potasse est toujours l'élément le plus abondant dans les cendres; au début, sa proportion est surtout considérable dans les tiges, mais dans les derniers mois elle en disparaît plus rapidement que dans les feuilles. On n'observe qu'une anomalie en octobre, où la potasse semble réapparaître, tandis que la chaux et la magnésie subissent une diminution sensible. Cette particularité n'est pas la seule que l'on puisse constater, comme nous le verrons plus loin, elle ne peut guère s'expliquer par une reprise de la végétation amenée par les pluies, puisque la sécheresse s'est continuée jusqu'à la récolte, et cependant elle était très nette.

Si le fait était constant et non accidentel, il serait dû à l'influence de la saison. A cette époque de l'année, on remarque en effet sur beaucoup de végétaux, soit herbacés, soit ligneux, un mouvement séveux caractéristique qui coïncide généralement avec les premières pluies, mais si celles-ci ne surviennent pas à l'époque habituelle, cette manifestation ne s'en produit pas moins avec plus ou moins d'intensité. Les pluies viennent évidemment contribuer à activer cette reprise de la végétation, mais en leur absence, elle se produit néanmoins par l'influence de la température qui s'élève alors rapidement, et il n'y a rien d'étonnant à ce que la canne en subisse aussi les effets comme d'autres plantes sur lesquelles ils sont plus visibles.

La proportion de matières minérales est très élevée dans les cannes et dans les feuilles; elle varie de 4 à plus de 7 p. 1000 dans les tiges, en outre celles-ci sont de qualité très inférieure au point de vue de la richesse saccharine, de sorte que la quantité de matières minérales totales varie, p. 100 de matière sucrée dans la canne (sucre et glucose), de 3 à plus de 6 p. 100, dont 0,4 à 1,6 de potasse. Cette proportion de matières minérales est beaucoup plus élevée que celle qu'on rencontre habituellement, et il en est de même de l'azote, qui s'y trouve également en forte proportion.

La valeur de ces chiffres est plus facile à établir dans le tableau de la composition minérale p. 100 de matière sèche. Les cendres totales y varient de 15 à 31 dans les cannes et de 72 à 102 dans les feuilles p. 1000 de matière sèche.

On observe d'assez grandes variations dans le taux des cendres totales; en juin il atteint un maximum qui peut être dû aux pluies du mois précédent; cette augmentation se remarque également dans les feuilles et chacun des éléments y participe à peu près dans les mêmes proportions.

Relativement à la matière sèche totale, les éléments minéraux ne suivent pas une marche très uniforme, il n'y a que la potasse et le chlore qui diminuent régulièrement dans les tiges au fur et à mesure que les cannes mûrissent, ce n'est qu'à la dernière analyse d'octobre qu'on observe la réapparition de la potasse et une augmentation du taux des cendres.

En juillet et août, la richesse en azote subit une forte dépression dans les tiges et dans les feuilles qui n'est pas accusée par les autres éléments minéraux.

Dans le tableau de la composition des cannes de mai en octobre, les chiffres qui y sont indiqués ne représentent pas la totalité des principes puisés dans le sol par la récolte; ils indiquent seulement les éléments qui y sont contenus au moment de l'analyse, non compris ceux qui ont servi à la constitution des feuilles qui se dessèchent et qui se détachent de la tige au fur et à mesure de l'accroissement de la plante. C'est donc un minimum des substances absorbées et utilisées pendant la végétation de la canne et par conséquent de ses besoins.

C'est pour la même raison que le poids total des tiges et des feuilles diminue à la récolte, parce que les feuilles sont moins abondantes; à la coupe la proportion des feuilles n'était que de 25 p. 100 du poids des tiges, tandis qu'elle était de 50 p. 100 quatre ou cinq mois auparavant.

Si dans la composition de la récolte totale, la proportion de cendres est élevée, il est à considérer que, relativement à de précédentes analyses, le taux d'acide phosphorique est plus faible et celui de la potasse plus considérable; il en est de même de l'azote, dont la

proportion est au-dessus de la moyenne habituelle, et il est utile de rappeler à ce propos que les cannes en question, récoltées en 1895, étaient d'une très faible richesse saccharine et incomplètement mûres.

L'acide phosphorique prélevé par arpent pour la production des 30 000 kilogr. de cannes est, dans le cas présent, de 17 kilogr. au maximum en juin, généralement en proportion plus grande dans les feuilles que dans les tiges en octobre; c'est une proportion plus faible que celle qu'on trouve habituellement et qu'il y a lieu de signaler en passant, surtout quand on la compare à celle de l'acide sulfurique.

La potasse est toujours plus abondante dans les feuilles que dans les tiges, son maximum en juin s'élève à 105 kilogr., puis cette quantité diminue peu à peu, excepté pour le dernier mois, où elle se trouve en augmentation dans les tiges proprement dites.

La chaux et la magnésie se trouvent en proportions sensiblement égales dans la récolte entière, et il est probable que ces deux éléments peuvent se substituer l'un à l'autre dans une certaine mesure; leur ensemble s'élève dans la récolte totale jusqu'à 61 kilogr.[1]

Si maintenant on considère la proportion qui existe entre les éléments contenus dans les engrais fournis habituellement à la canne et ceux contenus dans la récolte, on est frappé surtout de la différence qui existe pour la potasse entre la quantité prélevée dans le sol et celle qui est restituée par les engrais. Il faut reconnaître que, dans la majorité des cas, la potasse est un des éléments dont les effets sont le moins marqués sur la végétation et il est difficile parfois de constater son influence sur les rendements, du moins dans des essais isolés et non suivis.

Une succession de cultures sans restitution de la potasse ou avec une restitution insuffisante pourrait seule montrer son efficacité. On ne peut guère admettre, en présence des prélèvements énormes faits au sol par une récolte de cannes, que la réserve qui y existe ne s'épuise pas peu à peu et ne finisse par être insuffisante pour les besoins de la végétation, car dans toutes les circonstances, c'est toujours cet élément qui domine dans la composition des cendres de la canne.

Au point de vue absolu, si tous les principes contenus dans une récolte de cannes faisaient retour au sol, l'épuisement serait pour ainsi dire nul puisqu'on n'exporte que le sucre. Mais, sur la plupart des propriétés, les résidus sont inutilisés ou ne le sont que partiellement. La bagasse et les feuilles servent de combustible dont les éléments minéraux se retrouvent dans les cendres et peuvent être restitués à la terre, mais la chaleur des foyers étant très élevée, ces éléments se trouvent engagés dans des combinaisons stables et leur assimilabilité se trouve profondément modifiée ; ils ne deviendront utilisables pour la végétation que peu à peu et dans un délai plus ou moins éloigné.

D'un autre côté, les sels qui se trouvent dans les jus sont principalement constitués par de l'acide phosphorique et de la potasse. L'acide phosphorique passe dans les écumes et retourne à la terre, plus ou moins directement suivant leur mode d'utilisation, mais la potasse reste dans les mélasses qui ne sont presque jamais utilisées sur l'exploitation qui les a produites, mais presque toujours exportées pour une distillerie quelconque.

Il s'ensuit donc, d'un côté, une immobilisation momentanée de la potasse et de l'autre une perte réelle qui devrait, semble-t-il, conduire à ne pas trop diminuer le taux de potasse dans les engrais pour ne pas épuiser le stock que le sol renferme encore.

Suivant la loi dite de la restitution, qui consiste à faire retourner au sol, sous une forme ou sous une autre, tous les éléments puisés par les récoltes, il faudrait, pour la canne, employer des engrais à haute dose de potasse ; mais, d'un autre côté, cette loi ne doit pas être considérée comme absolue et elle ne doit être observée que dans le cas de sols absolument inertes, ce qui n'est pas le cas des terres cultivables. Il est évident que sans restitution on diminue peu à peu les réserves du sol et qu'à un moment donné elles seront épuisées, mais en pratique cette solution aura plus ou moins d'importance suivant le temps pendant lequel dureront ces réserves, et il peut y avoir intérêt à profiter du stock accumulé au lieu de l'entretenir et même de l'augmenter.

Pour la potasse, en particulier, la quantité disponible dans nos terres n'est pas considérable, mais elle se renouvelle peu à peu par

la décomposition lente de ses éléments constituants, qui eux-mêmes ne sont pas une réserve inépuisable. Sur les propriétés où sont utilisés tous les résidus, mélasses, cendres, etc., et où l'on emploie suffisamment de fumier, l'épuisement est moins à craindre et les engrais de potasse auront moins d'importance que sur celles où ces règles ne sont pas suivies ; dans ce dernier cas, il arrivera fatalement un moment, peut-être rapproché, où l'on s'apercevra pratiquement du manque de cet élément dans le sol.

C'est ce qui est déjà arrivé dans certaines colonies sucrières, à l'époque où le guano du Pérou était seul employé pour la culture de la canne à l'exclusion des autres engrais et même du fumier de ferme. Au bout d'un certain nombre d'années, les résultats obtenus, merveilleux au début, étaient loin d'être satisfaisants, et les rendements ne se sont relevés que par un emploi judicieux des sels potassiques. Du reste, l'emploi de la potasse, comme des autres engrais, est réglé par la relation qui existe entre la proportion contenue dans le sol et les besoins de la plante ; si ceux-ci sont élevés, il est à craindre que dans une culture où les engrais potassiques seront employés avec parcimonie, où les résidus de toutes sortes sont peu utilisés, et où la fabrication des fumiers est réduite, on arrive en peu de temps à épuiser la réserve que l'on exploite actuellement.

VI. — Essai sur la nitrification de la matière azotée du sol et de quelques engrais azotés.

Parmi les éléments que les récoltes enlèvent au sol, et qu'on doit lui restituer pour conserver ou augmenter sa fertilité, l'azote est celui qui a le plus d'importance, tant par son action sur la végétation que par sa grande valeur commerciale. Des trois éléments fertilisants qui constituent les engrais employés dans la culture de la canne, c'est en effet celui dont le prix est le plus élevé, et il représente, à lui seul, souvent plus de la moitié de leur valeur totale ; il est donc nécessaire de le rechercher dans les produits qui le fournissent au prix de revient le moins élevé.

Certaines matières azotées entrent rarement dans la composition



des mélanges, sans que la défaveur dont elles jouissent paraisse justifiée, et c'est pour étudier la question que nous avons cru devoir, à côté des expériences culturales proprement dites, entreprendre quelques essais de nitrification.

On sait que les deux formes minérales de l'azote sont considérées comme les seules sources directes de l'alimentation azotée des végétaux. Autrefois, on pensait que l'ammoniaque était la seule forme sous laquelle l'azote pouvait être absorbé par les plantes; mais depuis, une opinion différente tend à prévaloir, et l'azote nitrique est considéré par beaucoup d'auteurs comme étant la seule combinaison assimilable, l'azote organique et l'azote ammoniacal devant se nitrifier avant leur absorption par les végétaux. En pratique, la question est difficile à étudier, car l'ammoniaque se transforme rapidement dans le sol en acide nitrique, mais, en général et dans des conditions normales, la culture fait peu de différence entre ces deux états particuliers, et la variation qu'on remarque parfois dans le prix de ces deux formes de l'azote tient beaucoup plus à des considérations commerciales qu'à une préférence marquée de la part des cultivateurs.

Cette variation est d'ailleurs généralement assez faible, mais sur certains marchés locaux, comme, par exemple, à Maurice, l'abondance ou la rareté d'un des principaux sels qui fournissent l'azote, peut amener momentanément une différence de prix assez notable pour qu'il soit de l'intérêt de l'acheteur de choisir de préférence l'engrais qui lui livre l'azote au plus bas prix, sinon en totalité, du moins pour une proportion plus ou moins grande de la quantité qui entre dans la composition du mélange.

A Maurice, on a souvent des idées très nettes et très absolues sur diverses questions culturales, telles que l'action des divers éléments sur la canne, et notamment sur l'action relative de l'azote, soit sous forme d'ammoniaque, soit sous forme d'azote nitrique; seulement, la même opinion n'est pas générale, et il y a des partisans de l'azote ammoniacal comme il y en a de l'azote nitrique.

Il n'est guère probable, cependant, qu'il existe pratiquement une différence aussi capitale entre ces deux formes de l'azote; évidemment, elles présentent, chacune, certaines propriétés spéciales

qu'il serait imprudent de méconnaître et dont il faut tenir compte ; ainsi, les nitrates sont facilement entraînés par les eaux pluviales qui traversent le sol, puisque la terre arable ne possède aucune propriété absorbante pour ces sels, et une copieuse fumure nitratée avant les grandes pluies et alors que la végétation est peu active n'est pas à recommander, mais, en mettant l'azote nitrique en deux fois, on éviterait en partie cet inconvénient, qui est d'autant moins à craindre que les plantes auxquelles on l'applique ont une végétation active et plus vigoureuse. D'un autre côté, l'azote du sulfate d'ammoniaque n'est pas absolument à l'abri de toute perte par entraînement, et d'après les derniers travaux sur ce sujet (Brustlein), les terres qui ne renferment pas de carbonate de chaux et dans lesquelles le sulfate d'ammoniaque ne subit pas de transformation, ne le retiennent et ne le fixent que d'une façon relative, et comme c'est le cas presque général de nos terres, la différence principale entre ces deux formes de l'azote est encore atténuée.

Il faut ajouter que des expériences culturales suivies sur la canne à sucre n'ont pas encore démontré d'une manière indiscutable que dans tous les cas on doive donner la préférence exclusive à l'une ou l'autre de ces deux formes de l'azote, et pratiquement, on devrait plutôt en faire varier la proportion dans les mélanges suivant les conditions diverses, culturales et économiques, du moment, qui elles-mêmes se modifient journellement.

On a trop souvent une tendance à généraliser les observations faites dans la pratique agricole et à en déduire des conclusions trop absolues, et pour cette question spéciale de l'azote, on a souvent varié d'opinion et la vogue a été tantôt à l'azote ammoniacal, tantôt à l'azote nitrique sans avoir égard, le moins du monde, au prix de revient de ces deux éléments fertilisants.

Ce qui tendrait encore à infirmer ces opinions absolues, c'est le fait qu'à la Réunion une partie des planteurs, et non des moindres, ont à ce sujet des idées diamétralement opposées à celles des planteurs de Maurice, et pour eux, le sulfate d'ammoniaque doit être absolument rejeté pour la confection des engrais destinés à la canne à sucre, car le nitrate de soude seul peut donner des récoltes riches et abondantes.

Il est difficile d'admettre que dans des îles aussi voisines et aussi semblables comme situation agricole, le même élément fertilisant pris sous une forme différente puisse produire des effets aussi opposés ; et, jusqu'à plus ample informé, nous pensons que ces opinions extrêmes ne sont point basées d'une manière bien évidente, ni sur les données de la science, ni sur celles de la pratique, et que le prix de revient ainsi que les circonstances particulières locales, doivent guider les planteurs dans le choix et la proportion de ces deux éléments ainsi que nous le disions plus haut.

Si l'on discute encore pour savoir si l'azote minéral est absorbé sous la forme ammoniacale ou nitrique, il n'en est plus de même en ce qui concerne l'azote organique, et on s'accorde généralement pour convenir qu'il doit être minéralisé avant de devenir assimilable.

L'azote organique se trouve dans le commerce sous des formes diverses, et sa transformation plus ou moins facile en azote nitrique par les micro-organismes du sol varie avec l'origine des matières premières qui le renferment ; cette rapidité dans sa minéralisation peut servir à mesurer son efficacité et par conséquent sa valeur agricole.

Les matières premières auxquelles on peut s'adresser pour l'azote organique sont nombreuses, mais, dans la colonie, ce nombre est limité ; néanmoins, certaines d'entre elles sont absolument délaissées, et c'est pour étudier leur degré d'assimilabilité que nous avons entrepris les quelques essais de nitrification qui suivent.

Dans la plupart des essais classiques sur la nitrification des matières azotées, le sulfate d'ammoniaque est toujours pris comme type représentant la matière la plus facile à nitrifier, parce que son azote est déjà sous forme ammoniacale, et les engrais contenant de l'azote organique sont classés suivant leur aptitude à se transformer en azote minéral, c'est-à-dire en azote ammoniacal d'abord, puis en azote nitrique. Dans nos essais, nous voulions surtout comparer le sang desséché avec les tourteaux qui nous viennent de l'Inde, mais les résultats obtenus avec le sulfate d'ammoniaque pris comme comparaison ont été complètement inattendus ; c'est pourquoi les mêmes essais ont été reproduits plusieurs fois, afin de s'assurer qu'ils n'étaient pas dus à une circonstance fortuite quelconque.

La première expérience a été faite dans les conditions suivantes :

De la terre tamisée a été placée dans des caisses en fer-blanc contenant chacune 16 kilogr. de terre ; le fond de chaque caisse était percé d'un ajutage recouvert d'une toile métallique, et une fiole placée sous l'ajutage permettait de recueillir les eaux qui auraient pu s'écouler de la terre par un excès d'arrosage. Les récipients étaient à l'abri de la pluie sous un hangar couvert, et on arrosait avec de l'eau distillée, de façon à maintenir une humidité convenable.

Les échantillons n[os] 2 et 5 ont été additionnés préalablement de 5 p. 100 de leur poids de sable calcaire (sable de mer) pulvérisé grossièrement et également tamisé.

Chaque lot devait recevoir la même quantité d'azote apportée par le sulfate d'ammoniaque, le sang desséché et le tourteau, mais, par suite d'une erreur, cette quantité a été inégale et s'est trouvée, pour 100 gr. de terre sèche, de $0^{gr},300$ d'azote pour le sulfate d'ammoniaque, de $0^{gr},290$ pour le sang desséché et de $0^{gr},400$ pour le tourteau. L'erreur faite sur l'azote du tourteau provient de ce qu'on avait tamisé cet engrais en employant la poudre fine passant au tamis et en rejetant les parties grossières. Une analyse ultérieure a montré que le tourteau qui dosait 6.5 p. 100 d'azote a donné une poudre fine dosant 9.5 d'azote et des débris grossiers qui ne contenaient plus que 5.0 p. 100 d'azote. L'analyse ayant été faite après le mélange du tourteau à la terre, il s'est trouvé que la dose d'azote incorporé était exagérée, mais cette circonstance, dont il faut tenir compte, ne modifie pas les résultats de l'expérience.

Pour les analyses, chaque caisse était vidée complètement et le contenu mélangé intimement avant la prise d'échantillon. L'azote ammonical a été dosé par les procédés ordinaires et l'azote nitrique par le procédé Schlœsing ; les dosages sont rapportés à la terre sèche.

La terre employée présentait la composition suivante :

Analyse physique :

Gros sable.	2.80
Sable fin	46.30
Argile.	25.50
Humus	Trace.

Analyse chimique :

Acide phosphorique	0.115
Acide sulfurique	0.000
Chaux	0.155
Magnésie	0.043
Potasse	0.066
Oxyde de fer et alumnine	13.000
Azote	0.350

Le taux d'azote organique paraîtra élevé, mais il n'a rien d'exagéré pour les terres de Maurice, qui sont généralement caractérisées par leur faible teneur en chaux et leur richesse en azote, et ce ne sont pas toujours les plus fertiles, car la nitrification y est lente et difficile.

Le sable calcaire employé a été pulvérisé grossièrement; il contenait 32 p. 100 de parties passant au tamis n° 60, et 68 p. 100 passant au tamis n° 30. Sa composition était de :

Carbonate de chaux	91.10
Sulfate de chaux	0.68
Résidu insoluble	1.12
Eau, soude, magnésie, etc.	7.10
	100.00

Les échantillons ont été préparés le 16 septembre 1895 et les analyses faites en janvier, février, avril, mai et juin 1896, c'est-à-dire après un délai d'environ quatre, cinq, sept, huit et neuf mois. La quantité d'azote ammoniacal et nitrique formée est exprimée en milligrammes pour 100 grammes de terre desséchée.

	20 janvier 1896.	24 février.	23 avril.	28 mai.	26 juin.
N° 1. — Terre ordinaire :					
Azote ammoniacal	»	1.3	1.0	1.2	0.9
— nitrique	»	6.0	8.0	8.6	8.6
Azote total	»	7.3	9.0	9.8	9.5
N° 2. — Terre avec 5 p. 100 de calcaire :					
Azote ammoniacal	1.6	1.5	1.8	3.0	4.0
— nitrique	6.0	17.0	20.0	22.0	24.0
Azote total	7.6	18.5	21.8	25.0	28.0

	20 janvier 1896.	24 février.	23 avril.	23 mai.	26 juin.
N° 3. — Terre avec sulfate d'ammoniaque :					
Azote ammoniacal . . .	270	271	258	262	260
— nitrique	28	31	36	37	42
Azote total . .	298	302	294	299	302
N° 4. — Terre avec sang desséché :					
Azote ammoniacal . . .	63	58	79	85	86
— nitrique	145	153	150	150	158
Azote total . .	208	211	229	235	244
N° 5. — Terre avec sang desséché et calcaire :					
Azote ammoniacal . . .	3	3	3.5	4	6
— nitrique	177	188	214	222	222
Azote total . .	180	191	217	226	228
N° 6. — Terre avec tourteau :					
Azote ammoniacal . . .	112	94	54	48	45
— nitrique	145	206	237	253	276
Azote total . .	257	300	291	301	321

Pendant la durée de l'expérience, il s'est produit accidentellement une infiltration d'eau pluviale dans le n° 5 ; il en est résulté une perte d'azote nitrique qui a été évaluée au minimum à 25 ou 30 milligr. pour 100 gr. de terre sèche; le 20 avril, le même accident s'est renouvelé pour le n° 6, mais la perte d'azote a été relativement très faible.

Ce qui frappe tout d'abord dans l'essai ci-dessus est la nitrification relativement lente du sulfate d'ammoniaque comparée à celle du sang et du tourteau; cette différence s'accentue de suite après la première prise d'échantillon qui a été faite quatre mois après la préparation des terres, et c'est pour vérifier cette anomalie, ou du moins qui paraissait telle, qu'il a été remis de suite de nouveaux échantillons en expériences.

Ceux-ci ont été placés à l'intérieur du laboratoire, dans des allonges en verre contenant 900 gr. de terre contenant 0gr,324 d'azote

organique p. 100 de terre sèche, des traces d'azote nitrique et 0gr,0016 d'azote ammoniacal; il a été ajouté à chaque lot, au moyen du sulfate d'ammoniaque, du sang et du tourteau, 0gr,300 d'azote.

Les échantillons, constitués comme suit, ont été préparés le 30 janvier 1896 :

1° Terre avec sulfate d'ammoniaque;

2° Terre avec sulfate d'ammoniaque et 5 p. 100 de calcaire;

3° Terre avec sang desséché;

4° Terre avec tourteau.

	9 mars 1896.	8 avril.	12 mai.	13 juin.
N° 1. — Terre avec sulfate d'ammoniaque :				
Azote ammoniacal. . . .	280	265	260	265
— nitrique	13	26	40	40
Azote total. . .	293	291	300	305
N° 2. — Terre avec sulfate d'ammoniaque et calcaire :				
Azote ammoniacal. . . .	139	14	8	3
— nitrique	140	266	287	290
Azote total. . .	279	280	295	293
N° 3. — Terre avec sang desséché :				
Azote ammoniacal. . . .	41	80	101	97
— nitrique	75	104	125	126
Azote total. . .	116	184	226	223
N° 4. — Terre avec tourteau :				
Azote ammoniacal. . . .	133	61	17	13
— nitrique	29	106	177	187
Azote total. . .	162	167	194	200

Le même fait s'est reproduit pour le sulfate d'ammoniaque comparé au sang desséché et au tourteau, mais le n° 2 fait ressortir l'influence du carbonate de chaux ajouté à la terre contenant du sulfate d'ammoniaque.

En avril de la même année, on installe une série un peu plus

complète que les précédentes. Dans ce troisième essai, on ajoute à de la terre ordinaire, d'une part 5 p. 100 de calcaire et de l'autre 1 p. 100 de chaux contenant 50 p. 100 de chaux caustique (n°s 1, 2, 3).

Trois lots sont additionnés de sulfate d'ammoniaque, de sang desséché et de tourteau, puis trois autres identiques reçoivent 5 p. 100 de calcaire n°s 4 et 5, 6 et 7, 9 et 10.

Chaque lot contenu dans des cylindres tubulés en fer-blanc comprenait :

3 kilogr. de terre analogue à celle du premier essai et a reçu 0.180 p. 100 d'azote ammoniacal ou organique. La richesse des engrais en azote était de : sulfate d'ammoniaque 20.5, sang desséché 13, tourteau 6.1, fertilizer 5.4, fish guano 6.8.

Les terres additionnées d'engrais ont été mises en expérience le 15 avril 1895 et ont donné les résultats suivants :

Tableau IX.

	11 JUIN 1896.	12 JUILLET.	14 AOUT.	15 SEPTEMBRE.	26 NOVEMBRE.	20 FÉVRIER 1897.
N° 1. — Terre ordinaire :						
Azote ammoniacal .	0.5	1.7	1.8	2.5	2.9	»
— nitrique. . .	4.2	5.0	5.0	8.3	8.0	8.0
Azote total .	4.7	6.7	6.8	10.8	10.9	»
N° 2. — Terre avec sable calcaire :						
Azote ammoniacal .	2.5	3.0	2.5	1.8	2.8	»
— nitrique. . .	6.2	7.3	6.0	10.0	10.0	11
Azote total .	8.7	10.3	8.5	11.8	12.8	»
N° 3. — Terre avec chaux :						
Azote ammoniacal .	2.2	4.6	8.0	1.6	3.5	»
— nitrique. . .	17.0	20.0	19.0	24.0	28.0	28
Azote total .	19.2	24.6	27.0	25.6	31.5	»
N° 4. — Terre avec sulfate d'ammoniaque :						
Azote ammoniacal .	161	165	154	150	145	104
— nitrique. . .	22	29	35	44	51	85
Azote total .	183	194	189	194	196	189

	11 JUIN 1896.	12 JUILLET.	14 AOUT.	15 SEPTEMBRE.	26 NOVEMBRE.	20 FÉVRIER 1897.
N° 5. — Terre avec sulfate d'ammoniaque et calcaire :						
Azote ammoniacal .	102	53	8	4	7	5
— nitrique. . .	75	183	186	190	187	188
Azote total .	177	186	194	194	194	183
N° 6. — Terre avec sang :						
Azote ammoniacal .	71	73	68	63	51	50
— nitrique. . .	66	74	85	88	101	101
Azote total .	137	147	153	151	152	151
N° 7. — Terre avec sang, plus calcaire :						
Azote ammoniacal .	20	7	4	4	3	5
— nitrique. . .	123	151	159	158	174	178
Azote total .	143	158	163	162	177	183
N° 9. — Terre avec tourteau :						
Azote ammoniacal .	63	55	48	47	13	4
— nitrique. . .	59	82	95	101	139	155
Azote total .	122	138	143	148	152	159
N° 10. — Terre plus tourteau, plus calcaire :						
Azote ammoniacal .	26	6	7	2	4	3
— nitrique. . .	97	139	137	148	155	166
Azote total .	123	145	144	150	159	169
N° 11. — Terre, plus fertilizer :						
Azote ammoniacal .	34	29	1	3	5	»
— nitrique. . .	64	90	111	127	140	145
Azote total .	98	119	112	130	145	»
N° 12. — Terre, plus fish guano :						
Azote ammoniacal .	55	40	30	18	4	»
— nitrique. . .	74	110	113	137	161	164
Azote total .	129	150	143	155	165	»

Les essais de cette dernière série présentent des résultats de même ordre que les précédents, et les quelques divergences qu'on y constate n'en modifient pas le sens général. Dans les trois promiers lots, l'action nitrifiante de la chaux sur les matières organiques du sol est bien marquée : employée à une dose cinq fois moins considérable que le sable calcaire, elle a un pouvoir nitrifiant bien supérieur ;

ce résultat est dû non seulement à sa causticité, mais aussi à son état physique, car, que la chaux soit mal cuite, ou qu'elle se soit recarbonatée à l'air, elle se trouve dans un état de finesse qui ne peut être comparé à celui du sable coquillier ou madréporique que l'on ramasse sur le bord de la mer et dont les particules sont toujours d'une dimension relativement considérable.

A la même dose, le sable calcaire agira d'autant plus énergiquement et sa valeur agricole sera d'autant plus grande que les grains dont il est composé seront réduits à des dimensions plus ténues et qu'il pourra être incorporé plus intimement au sol ; dans les essais ci-dessus, même après avoir été pulvérisé, il était encore en particules assez volumineuses pour qu'après avoir été mélangé intimement à la terre, on puisse encore les distinguer facilement à l'œil nu. Lors de son emploi agricole, il faudrait donc le choisir sur les points du rivage où il est le plus ténu, mais, malgré cela, l'avantage restera à la chaux, qui pourra être employée à doses beaucoup moins considérables toutes les fois que les frais de transport viendront augmenter le prix du sable dans toutes les localités situées à une certaine distance du lieu d'extraction. L'action agricole de la chaux caustique comparée au sable est d'autant plus marquée que la matière organique azotée de la généralité de nos sols est de décomposition difficile, et y existe sous un état presque inutilisable pour les plantes; c'est ce qui explique son accumulation dans certaines terres qui, malgré leur richesse en azote, bénéficient largement des engrais azotés qu'on leur donne.

La mobilisation de ce stock inutile doit donc être recherchée, et c'est par le chaulage qu'on y arrivera le plus sûrement et le plus rapidement.

L'influence du sable calcaire sur la nitrification des engrais est beaucoup plus énergique que celle exercée sur la matière azotée du sol, et cela est caractéristique en ce qui concerne le sulfate d'ammoniaque.

Dans la terre non additionnée de sable calcaire, la nitrification du sulfate d'ammoniaque est très lente, le sang s'y nitrifie plus facilement, mais les autres matières organiques azotées essayées, tourteau, fertilizer et fish guano, sont de décomposition encore plus

rapide et nitrifient plus facilement, ainsi que les chiffres suivants l'indiquent nettement :

Azote nitrique formé dans la terre ordinaire en milligrammes.

	JUIN.	JUILLET.	AOUT.	SEPT.	NOV.
Sulfate d'ammoniaque .	22	29	35	44	53
Sang	66	71	85	88	101
Tourteau.	59	82	95	101	139
Fertilizer	64	90	111	127	140
Fish guano.	74	110	113	137	161

Si, pour faciliter la comparaison, on rapporte ces chiffres à l'engrais qui a nitrifié le plus abondamment en le désignant par 100, on obtient :

	JUIN.	JUILLET.	AOUT.	SEPT.	NOV.
Sulfate d'ammoniaque. .	30	26	31	32	33
Sang	89	67	75	64	62
Tourteau.	79	74	84	73	86
Fertilizer.	86	82	98	92	87
Fish guano.	100	100	100	100	100

Il semblerait donc que la nitrification est d'autant plus lente que la matière première est plus riche en azote, c'est-à-dire contient relativement moins de matières étrangères ; il est probable que, dans ce cas, ces substances, phosphate et carbonate de chaux et autres sels contenus dans le tourteau, fertilizer et fish guano, viennent faciliter la nitrification et remplacer, jusqu'à un certain point, la base nitrifiable qui lui fait défaut dans les premiers. Cela paraît d'autant plus probable que, quand on additionne la terre de sable calcaire, le sang et surtout le sulfate d'ammoniaqne nitrifient très rapidement et fournissent dans le même temps une proportion d'azote nitrique plus abondante que le tourteau ; dans l'expérience ci-dessus, dès le mois d'août le sulfate d'ammoniaque est totalement nitrifié.

Nitrification dans la terre additionnée de sable calcaire.

	JUIN.	JUILLET.	AOUT.	SEPT.	NOV.
Sulfate d'ammoniaque. .	75	133	186	190	187
Sang	123	151	159	158	174
Tourteau.	97	139	137	148	155

En ne tenant pas compte de l'azote nitrique provenant de la matière organique du sol, on voit que dans tous les cas la presque totalité de l'azote ajouté s'est nitrifié en quelques mois.

L'azote organique des quatre engrais expérimentés se transforme facilement en azote ammoniacal, et si cet azote ammoniacal persiste assez longtemps dans la terre ordinaire, il se transforme rapidement en azote nitrique quand elle est additionnée de carbonate de chaux.

Ce retard dans la nitrification du sulfate d'ammoniaque dans nos terres n'est pas une raison pour en conclure à son infériorité comme engrais; l'expérience journalière prouve le contraire, mais cette constatation vient à l'appui de l'opinion qui admet, suivant leur nature et les circonstances dans lesquelles ils se trouvent placés, l'utilisation directe de l'ammoniaque par les végétaux.

D'un autre côté, la facile nitrification des engrais azotés employés dans ces engrais démontre leur grande assimilabilité et indique que c'est bien à tort que leur valeur est souvent méconnue; elle indique encore qu'il n'y a pas de différence fondamentale entre certains engrais, ainsi que quelques planteurs le supposent, mais que le prix de revient de la matière azotée à ajouter dans les mélanges est de beaucoup plus générale que ce qui a lieu habituellement.

Il se trouve parfois sur le marché des matières fertilisantes qui sont offertes à un prix très inférieur à leur valeur intrinsèque, parce qu'elles n'ont pas le dosage de celles dont la vente est courante ou parce qu'elles sont différentes de celles employées habituellement dans la fabrication des mélanges. Il n'est pas possible de les y faire entrer, parce qu'elles modifieraient la formule à laquelle l'acheteur tient essentiellement, mais elles permettraient souvent d'obtenir un engrais plus économique et de même valeur agricole que celui qui sera composé avec des matières premières dont le prix peut subir momentanément une hausse sensible.

La nitrification de l'azote ammoniacal dans la terre qui a été amendée avec du carbonate de chaux paraît plus lente au début que celle de l'azote organique et semble devenir au contraire plus active au bout de quelques mois.

Une autre terre plus riche en matière organique totale et qui con-



tenait 0.308 d'azote organique p. 100 a reçu 0gr,170 d'azote par le sulfate d'ammoniaque et le sang desséché; l'azote nitrique formé pendant les deux premiers mois a été le suivant, les terres ayant été mises en expérience le 7 janvier 1897.

	Azote nitrique fourni le		
	21 janvier.	12 février.	4 mars.
Terre avec sang desséché :			
Terre normale	18	37	50
+ 5 p. 100 de sable calcaire	21	102	131
Terre avec sulfate d'ammoniaque :			
Terre normale	7	17	27
+ 5 p. 100 de sable calcaire	8	46	66

L'addition de chaux ou de carbonate de chaux à la terre active la nitrification en fournissant une base capable de saturer l'acide nitrique qui se forme aux dépens de l'ammoniaque, mais dans certains cas, quand cette base manque pour saturer l'acide, il paraît se former du nitrate d'ammoniaque quand cette dernière base préexiste dans le sol, ainsi, dans la première expérience relatée plus haut, la terre n° 4 contenant du sang et la terre n° 5 contenant du sang et du sable calcaire ont été épuisées par de l'eau distillée. Pour 1000 d'acide nitrique formé et dosé, dans la solution il y avait 481 de chaux et 30 de magnésie dans le n° 5 et seulement 201 de chaux et 65 de magnésie dans le n° 4 qui n'avait pas reçu de chaux, quantité absolument insuffisante pour saturer l'acide nitrique qui aurait exigé, pour former du nitrate de chaux, 518 de chaux p. 1000 d'acide nitrique; dans les deux échantillons, il y avait des traces de potasse, de soude, mais en quantité trop faible pour saturer l'acide nitrique formé.

Cet acide n'a donc pu l'être que par l'ammoniaque formée aux dépens de l'azote organique de l'engrais et qui persiste longtemps sous cet état dans la terre non additionnée de carbonate de chaux.

Dans l'emploi des engrais, il y a lieu de tenir compte du climat et des conditions dans lesquelles ils se trouveront vis-à-vis des plantes qui auront à les utiliser. On sait que la nitrification est en rapport

avec la température du sol et de son humidité, du moins dans certaines limites; c'est-à-dire jusqu'à 35° ou 40° pour la température et pourvu que l'eau ne soit pas stagnante ou la terre sursaturée de façon à y empêcher la libre circulation de l'air.

Dans notre climat, la chaleur est toujours très favorable à cette transformation, puisque la température moyenne journalière ne varie guère qu'entre 15° et 32° ou 33° annuellement, c'est-à-dire que la nitrification peut toujours être active, mais c'est pendant la saison chaude, de décembre à juin ou juillet, qu'elle rencontre toutes les conditions nécessaires, chaleur et humidité.

Depuis le mois de juillet à novembre ou décembre, c'est-à-dire jusqu'à l'arrivée des premières pluies, l'humidité du sol est parfois insuffisante pour permettre aux ferments nitriques d'agir énergiquement et, à plus forte raison, pour enlever les nitrates formés antérieurement ou apportés par les engrais, de sorte que la perte de nitrate par lévigation du sol n'est réellement à craindre que pendant les pluies torrentielles amenées par le passage d'un cyclone plus ou moins rapproché de l'île.

Dans ces cas exceptionnels et lorsque la terre a déjà été imbibée par des pluies précédentes, les pertes de nitrate paraissent inévitables, de sorte qu'il n'est pas à recommander de faire de fortes fumures au nitrate au début de la saison pluvieuse.

Les engrais à azote organique seront alors avantageux, puisque leur nitrification se fait progressivement, et les nitrates seront employés lorsque ce danger ne sera plus à craindre.

Il ne faudrait cependant pas croire qu'une fumure partielle au nitrate sera perdue complètement, car à cette époque de l'année la végétation de la canne est excessivement vigoureuse et la plus grande partie de l'acide nitrique sera rapidement absorbée et utilisée. Cette perte sera donc réduite pour les repousses, mais si les cannes vierges viennent d'être plantées, elles n'auront pas encore complètement pris possession du terrain, dont la majeure partie restera découverte et soumise aux inconvénients du lavage par les eaux pluviales.

C'est surtout pour cette raison que les cultures intercalaires, c'est-à-dire entre les lignes, pourront être pratiquées sans inconvénients pour les jeunes plantations; le terrain entre les lignes reste absolu-

ment inutilisé pendant plusieurs mois, et si des pluies abondantes surviennent, elles pourront entraîner les nitrates formés, puisque la jeune canne n'occupe qu'une partie restreinte du sol, et en dehors de toute autre considération, il serait avantageux de l'utiliser par une culture quelconque.

Le choix de la plante à employer dépend des circonstances locales et de l'époque de la plantation des cannes vierges; il faudra autant que possible une culture occupant le terrain pendant les grandes pluies et ne prenant pas un trop grand développement, il faudra en outre qu'on puisse la récolter avant le moment où la canne, prenant possession du terrain, serait gênée dans sa croissance. On voit donc que le choix est assez limité pour remplir ce but spécial, la plupart des plantes pouvant être cultivées entre les lignes de cannes ne s'accommodant pas très bien des grandes pluies et de la haute température des premiers mois de l'année, ne pourront être exploitées que dans certaines localités où la plantation de la canne est tardive. La localité, l'époque de plantation de la canne, et les diverses circonstances locales, détermineront donc la culture qui pourra utiliser le terrain pendant cette époque, culture qui, au point de vue absolu, épuisera le sol d'une certaine quantité de principes fertitisants, mais qui, dans la généralité des cas, ne nuira pas plus à la culture principale que les mauvaises herbes qui l'envahissent trop fréquemment.

Le Réduit, avril 1897.

L'AZOTE

ET LA

VÉGÉTATION FORESTIÈRE

Par E. HENRY

CHARGÉ DE COURS A L'ÉCOLE FORESTIÈRE [1]

Les arbres de nos forêts ont un besoin aussi impérieux d'azote que les plantes agricoles.

Cet élément, associé au carbone et à l'eau, constitue le groupe si varié et si important des matières protéiques, entre autres le protoplasma, l'élément fondamental de toute cellule vivante.

En admettant les chiffres des forestiers bavarois, une forêt de hêtre, la forêt de Haye par exemple, produit annuellement au moins 3 000 kilogr. de bois et 3 000 kilogr. de feuilles, bois et feuilles supposés desséchés à 100°. Les 3 000 kilogr. de bois renferment de 15 à 25 kilogr. d'azote suivant qu'on admet les taux de 0.5 p. 100 ou de 0.8 p. 100 qui sont à peu près les extrêmes, et les 3 000 kilogr. de feuilles contiennent, à leur chute, 30 kilogr. d'azote d'après des analyses de feuilles de hêtre, chêne, charme de la forêt de Haye. C'est donc un chiffre total de 45 à 55 kilogr. d'azote par hectare que la forêt absorbe et qu'il lui faut trouver sous peine de voir sa production diminuer et les arbres manifester les symptômes de l'inanition azotique.

1. Communication faite à la Société des Sciences de Nancy dans la séance du 1er juin 1897.



La différence capitale avec les plantes agricoles consiste en ce que celles-ci sont, pour la plupart, beaucoup plus exigeantes en azote et qu'elles ne restituent au sol rien ou presque rien des principes albuminoïdes qu'elles ont absorbés, tandis que la forêt, à la fin de chaque saison de végétation, rend au sol, sous forme de feuilles mortes (que les forestiers appellent la couverture), la plus grande partie des matières azotées et minérales empruntées à l'air et au sol. Dans la culture agricole, il ne reste au champ que l'azote des racines (céréales, prairies artificielles) et même pas dans certaines récoltes (betteraves). Aussi les agriculteurs sont-ils obligés de rapporter de temps en temps de l'azote combiné (engrais vert, fumier, sels ammoniacaux, nitrates) pour entretenir la fertilité de leurs sols[1].

On n'apporte jamais d'engrais à la forêt, et malgré les déperditions incessantes d'azote dues à l'enlèvement des bois exploités et aux décompositions chimiques, la vie végétale s'y reproduit indéfiniment et le sol forestier, au lieu de s'appauvrir en azote, s'enrichit, comme il est facile de le constater dans le boisement des sols nus. Il faut donc qu'il y ait des gains qui viennent compenser, et au delà, les pertes.

Quelles sont les causes de gain et de perte d'azote combiné en culture forestière?

Cette question, d'importance capitale en agriculture, qui a été et qui est encore si ardemment discutée par les chimistes et les agronomes, qui a suscité tant de controverses passionnées et tant de travaux remarquables, qui est du reste loin d'être épuisée aujourd'hui, mérite d'être envisagée spécialement au point de vue de la forêt, parce que, en raison de la durée et des exigences des essences forestières, en raison du couvert et de la couverture, de l'absence de culture du sol, et d'autres circonstances encore, les processus chimiques et biologiques y sont souvent autres qu'en plein champ.

Gains. — Le sol forestier peut s'enrichir en azote :

1° Par l'apport aux plantes ou au sol d'azote combiné venant de l'atmosphère ou des eaux météoriques;

1. Les sols indéfiniment fertiles sans fumure (terres noires de Russie) sont de très rares exceptions.

2° Par les matières azotées qui retournent chaque année au sol sous forme de détritus végétaux et animaux ;

3° Enfin par la portion de l'azote gazeux qui pourrait être fixée soit par les plantes vivantes, soit par les matières organiques mortes, soit par les éléments minéraux du sol.

On ne voit pas d'autres causes possibles d'augmentation dans le taux de l'azote combiné.

Pertes. — Le sol forestier s'appauvrit en azote :

1° Par la consommation des plantes herbacées ou ligneuses qu'il nourrit. Nous venons de dire que cette consommation s'élevait à 50 kilogr. environ d'azote par hectare et par an, dont une vingtaine est contenue dans le bois, c'est-à-dire dans la récolte exportée et ne fait pas retour au sol ;

2° Par la portion d'azote combiné non retenue dans les couches superficielles du sol et entraînée avec les eaux de drainage ;

3° Par la portion d'azote combiné qui, dans les divers processus de décomposition des matières organiques, retourne à l'état d'azote gazeux dans l'atmosphère.

On ne voit pas d'autres causes possibles de diminution.

En faisant la balance des gains et des pertes, on saura si le sol de la forêt s'enrichit ou s'appauvrit en cet élément si parcimonieusement départi même aux sols agricoles et d'une si grande importance pour la végétation.

Des analyses chimiques faites à des intervalles suffisamment éloignés permettront de contrôler la première méthode.

Examinons d'abord le côté : *Pertes d'azote.*

Elles résident essentiellement dans la quantité d'azote contenue dans le bois exporté.

Des deux autres causes de déperdition, celle due aux eaux de drainage, ne se rencontre pas en culture forestière, par la raison qu'il n'y a pas de nitrification dans le sol forestier. Or, c'est seulement l'azote à l'état de nitrate qui est entraîné par les eaux de drainage. Dans les champs cultivés où la nitrification est énergique, surtout après l'épandage des engrais, et dans les terres en jachère, il y a de ce chef une perte très importante d'azote.

M. Dehérain[1] a trouvé dans les eaux de drainage de 4 cases, en 1895, de 110 à 130 gr. d'azote nitrique par mètre cube. De ces taux combinés avec la quantité d'eau écoulée, quantité variable suivant que le sol a été ou non travaillé, il conclut que 84 à 144 kilogr. d'azote nitrique par hectare ont été emportés par les eaux de drainage.

Rien de tel ne se passe en forêt, où même les sols calcaires, comme je viens de m'en assurer, ne nitrifient pas.

Le 20 mai 1897, j'ai pris 10 échantillons de sols voisins, les uns en plein air, les autres sous bois ; 30 gr. ont été triturés dans 25 centimètres cubes d'eau distillée ; après un jour de macération, une ou deux gouttes projetées dans 4 gouttes de sulfate de diphénylamine donnent une auréole bleue, pourvu qu'il y ait une trace de nitrate. Pour apprécier l'extrême sensibilité de ce réactif, dissolvons un centigramme de nitrate de potasse dans un litre d'eau distillée : *une seule goutte* de cette dissolution tombant au milieu de la petite masse liquide formée par les 4 gouttes de diphénylamine y détermine presque immédiatement une auréole d'un bleu intense.

3 échantillons de sol, pris en trois points d'une pièce de terre nue de la pépinière de Bellefontaine, n'ayant pas reçu d'engrais depuis deux ans, ont accusé très nettement la réaction des nitrates ; 2 échantillons de sol pris en même temps dans la forêt, à 50 mètres des précédents, sous un massif plein de hêtres à l'état de haut perchis, n'ont pas donné la moindre coloration bleue ; ils ne nitrifiaient donc point, pas plus qu'un échantillon de sol pris dans la pépinière même, mais sous un gros hêtre couvrant un sol tassé et enherbé ; pas plus que deux autres échantillons pris dans le bois de M. Hinzelin. Au contraire, 2 terres, prises l'une dans un champ fraîchement labouré au-dessous de la pépinière, l'autre aux abords de Maxéville, ont montré nettement l'auréole bleue.

Il y a déjà longtemps que Boussingault, au cours de ses belles recherches sur la nitrification, avait constaté la pauvreté en nitrates du sol des forêts d'Alsace.

D'autre part, Ebermayer, l'éminent professeur de Munich, a pu-

1. *La Jachère.* (*Annales agronomiques*, p. 258. 1896.)

blié en 1888 un important travail sur la *Teneur en nitrate des sols forestiers et des arbres*[1].

« L'examen de plus de cent échantillons de sols prélevés en autant de points différents, la plupart dans les montagnes de Bavière, lui a montré que les sols forestiers et les tourbes sont ou absolument exempts de nitrate ou n'en renferment que des traces, tandis que les sols des champs et ceux des jardins, fumés avec des excréments, fumier, purin, se sont, sans exception, montrés très riches en ce précieux aliment des plantes. Le terreau noir, qui s'accumule parfois en masses d'une épaisseur considérable dans certaines forêts des Alpes bavaroises, est lui-même dépourvu de nitrates ou n'en contient que des traces. D'après Ebermayer, il n'existe donc pas de microbes nitrificateurs dans le sol des forêts ni dans la tourbe. En d'autres termes, dans toutes les terres dont l'humus est de provenance exclusivement végétale, les conditions générales sont tout à fait défavorables à la nitrification et la décomposition des principes azotés des végétaux semble être limitée à la formation de l'ammoniaque. » (Grandeau.)

M. Bréal[2] a constaté aussi qu'on ne rencontre de nitrates ni dans la terre des prairies, ni dans le sol des forêts. Comme la nitrification exige la présence dans le sol d'éléments alcalins, il pouvait se faire que l'absence du ferment nitrique fût due à l'absence de chaux dans les sols forestiers expérimentés ou à leur acidité. C'est pourquoi j'ai pensé qu'il n'était pas inutile de refaire ces essais dans la forêt de Haye dont le sol superficiel est si près du calcaire en place et recouvert d'une si faible couche de feuilles mortes. Si de telles forêts ne nitrifient pas, aucune ne doit nitrifier. Les premiers essais ont été négatifs, mais ils sont trop peu nombreux pour que je puisse affirmer qu'il ne se forme pas d'acide nitrique dans le sol des forêts calcaires. Je me propose de reprendre cet examen à une époque plus favorable, à la fin de l'été, quand la nitrification est à son maximum.

S'il ne se forme pas de nitrates dans le sol des forêts, cela tient

1. Voir *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*. Fascicule du mois d'août 1888. analysé dans *Études agronomiques*, par L. Grandeau, 4e série (1888-1889).

2. *Annales agronomiques*, t. XIII, p. 561.



peut-être à ce qu'il s'y trouve d'autres ferments réducteurs des nitrates.

MM. Gayon et Dupetit, Dehérain et Maquenne ont prouvé que, dans une atmosphère réductrice, la décomposition des nitrates a pour agents des organismes microscopiques qu'ils ont appelés *Bacillus denitrificans*, puisqu'ils agissent en sens inverse du *Bacillus nitrificans,* cause première de la nitrification. M. Bréal a montré que ces organismes dénitrificateurs, qui existent dans les pailles et, sans doute, dans tous les débris végétaux, décomposent les nitrates pour en faire entrer partiellement l'azote dans une combinaison organique et qu'en outre cette transformation est accompagnée d'une perte d'azote qui retourne dans l'atmosphère sous forme de gaz.

« Dans le sol des prairies permanentes et des forêts, qui est si abondamment pourvu de matières végétales mortes, ce ferment aérobie réducteur des nitrates doit être très répandu, dit M. Bréal, et s'opposer à toute nitrification. »

D'autre part, tous les expérimentateurs reconnaissent que dans la nitrification, c'est-à-dire dans la transformation des sels ammoniacaux ou des amines primaires en nitrate, il y a aussi un dégagement d'azote gazeux quand l'oxygène est surabondant.

Donc, qu'il y ait ou non nitrification, une partie de l'azote combiné, partie qu'il est difficile de déterminer, quitte le sol à l'état d'azote gazeux sans profit pour la végétation.

En somme, deux causes de perte :

L'une très importante, résultant de l'enlèvement de la récolte et se chiffrant par une vingtaine de kilogrammes ;

L'autre, moins importante, mais qu'il est impossible d'évaluer rigoureusement, résultant du retour dans l'atmosphère sous forme d'azote libre d'une partie de l'azote organique pendant les multiples ransformations de celui-ci.

Voyons maintenant les causes de gain.

Il y en a trois possibles, avons-nous dit, que nous examinerons successivement.

La première est l'apport aux plantes ou au sol d'azote combiné venant de l'atmosphère ou des eaux météoriques.

On sait, depuis Liebig, Boussingault et autres, que les eaux mé-

téoriques (pluie, brouillard, rosée, neige) renferment de l'ammoniaque et de l'acide nitrique. Boussingault a trouvé, comme termes extrêmes dans l'eau de pluie, $0^{mg},11$ à $3^{mg},49$ d'ammoniaque par litre. La moyenne a été, pour 1853, de $0^{mg},42$ par litre et de $0^{mg},18$ pour l'acide nitrique. Le brouillard renfermait de $2^{mg},56$ à $49^{mg},1$ d'ammoniaque par litre d'eau condensée. Dans six stations allemandes, les quantités d'azote combiné trouvées dans l'eau de pluie ont oscillé entre $0^{mg},29$ et 13 milligr. par litre. On voit et on comprend que ces taux sont très variables suivant les localités et les années.

MM. Lawes, Gilbert et Way ont évalué à 8 kilogr. la quantité d'azote combiné reçue par un hectare dans un an :

A Proskau on a trouvé	23^{kg}
A Regenwald	17
A Insterbourg	6 ,2
A Kuschen	2 ,1

En tous cas, ces quantités, qui varient du simple au décuple, sont faibles.

Il y a aussi dans l'air, quoique en très faible proportion, du carbonate d'ammoniaque qui, d'après les expériences de Sachs, Schlœsing, Mayer, Müntz, etc., peut être absorbé soit par les feuilles, soit par le sol.

M. Schlœsing a trouvé, pour la moyenne générale de toute une année, $2^{mg},25$ d'ammoniaque dans 100 mètres cubes d'air. M. Müntz est arrivé au même résultat. Des expériences de M. Müntz, commencées en 1886 et finies en 1895, il résulte que les jus végétaux absorbent l'ammoniaque (qu'ils soient alcalins ou acides) et avec autant d'énergie que de l'acide sulfurique à 2 p. 100 jusqu'au point de saturation. Les feuilles vivantes l'absorbent aussi, mais en proportion *beaucoup moins forte;* ce pouvoir absorbant ne représente que 3 à 5 p. 100 de la faculté absorbante du liquide végétal, et M. Müntz arrive à cette conclusion[1] « que l'agriculture ne saurai compter sur l'ammoniaque atmosphérique pour fournir un appoint sensible d'éléments azotés. Cet appoint existe, mais il ne doit pas

1. *Annales de la Science agronomique française et étrangère,* t. Ier, p. 207. 1896.

être regardé comme supérieur à celui que fournissent les eaux pluviales qui apportent à la végétation de l'ammoniaque et de l'acide nitrique qu'elles ont dissous pendant leur passage dans l'eau. *En évaluant de 5 à 6 kilogr. la somme de l'azote apporté à la végétation d'un hectare, tant par l'absorption directe de l'ammoniaque gazeuse que par l'apport des eaux météoriques, j'estime qu'on ne saurait beaucoup s'éloigner de la vérité.* »

Il est certain que si l'ammoniaque des eaux météoriques n'est absorbée par les feuilles qu'en proportion insignifiante, tout le reste est fixé par le sol en vertu de son pouvoir absorbant, qui s'exerce sur l'ammoniaque comme sur la potasse et l'acide phosphorique; il ne s'en perd pas un atome. On ne peut être aussi affirmatif pour les traces d'acide nitrique qui tombent sur le sol forestier; cependant, en raison de la rareté des nitrates en forêt et de l'avidité des végétaux pour ces sels, il est très probable que tout est absorbé; nous avons déjà dit qu'on ne trouvait pas d'acide nitrique ou seulement des traces dans les eaux de drainage des sols forestiers.

Ce pouvoir absorbant du sol pour l'ammoniaque est tel, qu'il fixe non seulement celle des pluies, mais celle de l'atmosphère qui provient essentiellement, affirme M. Schlœsing, de l'évaporation qui s'exerce à la surface des mers. On connaît les idées ingénieuses que M. Schlœsing a émises sur la circulation de l'azote combiné à la surface du globe.

Des essais faits sur des terres sèches et humides, calcaires ou non, ont montré à M. Schlœsing que le sol emprunte de l'ammoniaque à l'air et ne lui en cède point. Les terres sèches, incapables de nitrifier, ont absorbé, on le comprend, moins d'ammoniaque que les terres humides, où la nitrification est incessante l'été; dans celles-ci, l'ammoniaque est constamment transformée en nitrates; l'équilibre de tension ne peut donc s'établir, et la terre demeure en état d'absorber indéfiniment l'alcali de l'air. L'absorption est par suite subordonnée à la rapidité de la nitrification.

Deux lots de 50 gr. de terre fine, sèche, inapte à nitrifier, exposée à l'air, mais à l'abri de la pluie, ont passé, dans l'espace de un mois et demi (1er août-15 septembre 1875), du taux de $0^{mg},747$ à celui de $2^{mg},504$ pour une terre calcaire et de $0^{mg},219$ à $4^{mg},145$

pour une terre non calcaire. Cette absorption est nécessairement limitée par l'équilibre de tension; il n'en est plus ainsi pour les terres humides aptes à nitrifier. M. Schlœsing a trouvé qu'un hectare aurait fixé dans un premier essai de 14 jours 2^{kg},590 d'ammoniaque, et dans un deuxième essai de 28 jours 4^{kg},097, soit en un an 63 kilogr. pour la première terre et 53 kilogr. pour la deuxième. Mais la nitrification n'ayant lieu que l'été, ces chiffres, pour se rapprocher de la réalité, doivent être fort diminués, au moins de moitié. Du reste, nous n'avons pas à nous préoccuper ici de cet appoint d'azote très important pour les terres humides aptes à nitrifier, puisque les forêts ne nitrifient pas. Leur sol, même humide et en plein été, se comporte toujours comme des terres nues sèches et nous en restons toujours jusqu'ici, pour les forêts, aux 5 à 6 kilogr. (évaluation de M. Müntz), aux 10 à 15 kilogr. (évaluation de M. Berthelot) fournis par hectare, tant par l'absorption directe de l'ammoniaque gazeuse que par l'apport des eaux météoriques. C'est tout à fait insuffisant pour combler le déficit produit dans le capital azoté primitif par l'exportation des 20 kilogr. d'azote du bois des coupes et par le retour à l'état d'azote gazeux d'une portion de l'azote combiné de la couverture.

Et s'il n'y avait que les causes réparatrices énoncées ci-dessus, les forêts iraient constamment en s'appauvrissant en azote, ce qui n'est pas; il doit donc y en avoir d'autres.

Avant qu'on eût prouvé que certains végétaux avaient le pouvoir de fixer dans leurs tissus l'azote gazeux de l'air, c'est l'apport incessant d'ammoniaque dû surtout aux vents d'ouest pour la France qui compensait, dans les idées de M. Schlœsing, la différence entre la perte d'azote par les récoltes et les eaux souterraines et le gain certainement moindre dû aux effluves électriques.

C'était la théorie admise jusqu'au jour où Hellriegel et Wilfarth ont montré, de la façon la plus nette, que les légumineuses fixaient dans leurs nodosités, à l'aide des bactéries qui y vivent, l'azote gazeux de l'air et ont prouvé irréfutablement la justesse des idées soutenues par G. Ville d'abord, par M. Berthelot ensuite, mais contestées par le plus grand nombre jusqu'en 1888.

La deuxième cause de gain consiste, avons-nous dit, dans les

matières azotées qui retournent chaque année au sol sous forme de détritus végétaux et animaux.

Mais ce n'est pas là une cause d'enrichissement, puisque les principes azotés de la couverture provenaient déjà du sol ; ils ne font qu'y retourner ; c'est une simple restitution, même pas intégrale, puisqu'une notable partie des principes azotés émigre dans le bois avant la chute des feuilles et puisqu'il est prouvé que les multiples transformations des matières azotées s'accompagnent toujours d'un dégagement d'azote gazeux.

Il ne pourrait y avoir enrichissement du sol forestier en azote par la couverture, qu'en admettant que la quantité d'azote combiné qui a été puisée dans l'air et les eaux météoriques soit supérieure aux quantités perdues par l'exportation du bois et le départ d'azote libre dans les transformations des matières organiques : ce qui ne peut être, quelque optimisme que l'on montre à cet égard.

Mais il y a une troisième cause de gain possible.

Si le sol ou les plantes pouvaient prendre directement dans l'air une partie de l'azote libre (qui forme les 4/5 de l'atmosphère) sans qu'il fût besoin que cet azote fût préalablement combiné à l'hydrogène ou à l'oxygène, les craintes légitimes exprimées si souvent sur l'insuffisance des sources de l'azote des végétaux et, par suite, sur l'entretien de la vie animale à la surface du globe s'évanouiraient, les plantes ou le sol ayant à leur disposition un réservoir d'alimentation inépuisable.

On sait que les animaux ne fixent directement dans leur corps ni l'azote gazeux de l'air, ni l'ammoniaque, ni l'acide nitrique ; ils empruntent tout leur azote aux matières protéiques des plantes et, d'autre part, on croyait, jusqu'en 1888, que celles-ci, à leur tour, pouvaient bien utiliser l'ammoniaque et l'acide nitrique de l'air, mais en aucune façon l'azote gazeux.

Voici en quelques mots les principales étapes de la question depuis 1838.

1838.—A cette date, Boussingault a fait ses premières expériences : il constate un léger gain d'azote dans le trèfle et les pois, aucun dans le froment et l'avoine. Sans se prononcer catégoriquement, il penche pour une fixation de l'azote de l'air par les légumineuses.

1849-1852. — M. George Ville affirme, à la suite de ses expériences, que les végétaux assimilent l'azote gazeux.

1851-1853. — Boussingault, dans une seconde série d'essais exécutés avec tout le soin possible, conclut à la non-fixation de l'azote gazeux, même par les légumineuses (lupin, haricot).

1861. — Lawes, Gilbert et Pugh, en présence de ces assertions contradictoires, firent au laboratoire de Rothamsted de nombreuses expériences qui durèrent trois années. Ils s'entourèrent des précautions les plus minutieuses. Les conclusions de leur magistral travail[1] sont conformes à celles de Boussingault.

Il semblait donc qu'on pût dire en toute assurance en 1879, comme le fait M. Grandeau dans son *Cours d'agriculture*[2], p. 446 : « La question est désormais vidée : les végétaux n'absorbent pas l'azote libre. »

Cependant, il faut remarquer que les chimistes anglais, dans les conclusions très prudentes de leur beau mémoire, ne parlent pas des légumineuses avec la même assurance que des graminées. Voici ce qu'ils écrivaient en 1861[1] : « En exécutant de nombreux essais sur les graminées et en faisant varier dans de larges limites les conditions de végétation, on n'a jamais reconnu qu'il y eût assimilation d'azote libre.

« Dans les expériences sur les légumineuses, la végétation fut moins satisfaisante et les limites de variation furent moindres ; mais les résultats enregistrés n'indiquent aucune assimilation d'azote libre. *Il serait désirable que de nouvelles expériences fussent reprises sur ces mêmes plantes dans des circonstances plus favorables.* » C'est à Hellriegel et à ses collaborateurs qu'était réservé le grand honneur d'exécuter enfin ces expériences si ardemment désirées par le monde agricole, de les exécuter de telle façon qu'il n'y ait plus de place pour le doute et la controverse, et de jeter enfin la lumière sur cette obscure et difficile question qui, depuis cent ans, depuis Priestley, Ingenhoutz et de Saussure, passionnait les chimistes et les

1. On the sources of the nitrogen on vegetation. *Phil. Trans.* T. II, p. 431-577. 1861.

2. *Cours d'agriculture de l'École forestière,* par L. Grandeau. Berger-Levrault et Cie, 1879, p. 446.

agronomes et avait donné lieu à tant de travaux et tant de discussions.

Le mémoire de Hellriegel, Wilfarth et de leurs collaborateurs est de novembre 1888.

Les principaux résultats en avaient été annoncés en 1887.

Dans cet intervalle, il a paru un certain nombre de recherches sur la fixation de l'azote par le sol et les plantes. Voici les plus importantes.

1873. — M. Dehérain publie des expériences desquelles il résulterait que l'azote atmosphérique aurait la propriété de se combiner avec certaines substances ternaires, cellulose, glucose, etc., et, par induction, avec les matières organiques du sol en voie de décomposition. Mais M. Schlœsing a montré les causes d'erreur de ces expériences et, en les répétant dans de meilleures conditions, n'a obtenu aucune fixation d'azote.

1875. — M. Berthelot affirme que certaines substances organiques non azotées (cellulose, benzine, essence de térébenthine) peuvent, sous l'influence de l'effluve électrique, fixer l'azote gazeux de l'air.

1885. — Dix ans plus tard, M. Berthelot fait connaître une nouvelle condition, plus générale, de fixation de l'azote gazeux : c'est l'action sourde mais incessante des sols argileux et des organismes microscopiques qu'ils renferment.

Dans un second mémoire (1886), il examine la nature et la proportion de la matière organique contenue dans ces terrains, matière qui constitue la trame des êtres vivants microscopiques, aptes à fixer l'azote atmosphérique.

M. Berthelot étudie ensuite la fixation de l'azote, non plus sur des sables argileux et des kaolins, mais sur la terre végétale elle-même et, dans un mémoire postérieur, cette fixation sur la terre végétale avec le concours de la végétation. « En résumé, dit-il, dans ces expériences, il y a eu fixation d'azote en proportion considérable :

« 1° Sur les sables et sols argileux, aussi bien que sur la terre végétale proprement dite, lorsque j'ai opéré en l'absence de la végétation ;

« 2° Sur la terre et la plante réunies, lorsque j'ai opéré en presence de la végétation. »

En somme, au moment où parut le mémoire de Hellriegel, on savait, par les travaux de M. Berthelot, que les sols avec les organismes microscopiques qu'ils renferment pouvaient fixer l'azote atmosphérique; mais on ne connaissait aucun de ces microorganismes, on ne les avait pas vus, pas isolés; on ne savait rien de leur manière d'agir et enfin leur présence supposée dans le sol n'expliquait pas la faculté remarquable des légumineuses seules de prospérer dans un sol privé d'azote combiné et d'en emmagasiner dans leurs tissus des quantités considérables.

Les botanistes avaient signalé depuis longtemps l'existence de nodosités sur les racines des légumineuses; Woronine le premier, dès 1866, a appelé l'attention sur les innombrables corpuscules de leur protoplasma, corpuscules qui ressemblent beaucoup à des micrococcus, à des bacilles, et il admettait que ce sont en effet des microbes, vivant en symbiose avec les légumineuses et fabriquant des aliments au profit de l'association. Mais personne n'avait songé qu'il y eût une relation entre les tubercules radicaux et la fixation de l'azote. C'est la démonstration absolument nette et convaincante de cette relation qui constitue la grande découverte d'Hellriegel. Voici les principales conclusions de ce mémoire qui marque une date importante dans la science agronomique[1] :

« L'assimilation et la production des céréales, orge et avoine, ont toujours été presque uniformément nulles dans un sol dépourvu d'azote, qu'il fût ou non stérilisé.

« Par une addition de nitrate, une végétation normale se manifestait alors dans ces plantes et leur développement était toujours dans un rapport à peu près direct avec la quantité de nitrate donnée (90 à 100 de substance sèche pour 1 d'azote du sol).

« Rien n'a indiqué que les céréales puisent ou qu'il leur soit possible de puiser dans d'autres sources que le sol une quantité appréciable de l'azote employé à leur nutrition.

« Les légumineuses expérimentées (pois, serradelles, lupins) se sont exactement comportées comme les céréales dans un milieu de

1. On trouvera une excellente traduction du Mémoire de Hellriegel dans les *Annales de la Science agronomique française et étrangère*. 7e année, 1890. T. Ier, p. 84-350.



culture stérilisé et maintenu en état de stérilisation, c'est-à-dire que la croissance et l'assimilation ont été chez elles toujours et uniformément à peu près nulles.

« C'est le cas qui s'est trouvé réalisé dans les expériences de Boussingault (1853).

« Les nitrates y produisaient le même effet que les céréales.

« On était certain d'obtenir la croissance des légumineuses dans un sol dépourvu d'azote en donnant au sol un peu de délayure d'une terre fertile. Non seulement on obtenait ainsi une végétation normale, mais parfois un développement d'une luxuriance étonnante, et, dans ce cas, la récolte accusa constamment un excédent d'azote souvent fort élevé qui ne pouvait avoir son origine dans le sol. »

Il fallait en conclure que la délayure de la terre fertile avait apporté les germes des bactéries qui se fixent sur les racines en y produisant les nodosités et qui savent faire servir l'azote atmosphérique à la constitution des matières azotées des légumineuses.

Ces faits ont été depuis vérifiés maintes fois « et la pratique agricole, ainsi que le dit M. Dehérain, a tiré parti de ces observations. Elle a pu faire développer des légumineuses sur des terres rebelles jusque-là à cette culture en les *terrant* à l'aide de sols fertiles[1]. »

Or, les sols forestiers abondent en légumineuses, surtout les sols les plus pauvres, les sols siliceux, et c'est précisément dans ce cas, lorsque le sol ne leur offre pas une dose suffisante d'azote combiné, que les légumineuses complètent ce qui leur manque sous ce rapport en puisant dans l'azote élémentaire de l'atmosphère.

Dans maintes forêts en sol siliceux, tantôt le genêt à balai, tantôt l'ajonc, tantôt les deux mêlés à beaucoup d'autres papilionacées (genêts, cytises, bugranes) forment une bonne partie du sous-bois, tandis que sur les sols calcaires on verra en abondance des caly-

1. M. Mazé vient de montrer tout récemment (*Annales de l'Institut Pasteur*, t. XI, p. 44) que les légumineuses fournissent aux microbes des nodosités l'azote organique indispensable aux premières générations ; alors seulement ils peuvent fixer l'azote libre de l'air qui, dans l'expérience de M. Mazé, a fourni jusqu'aux 2/3 de l'azote contenu dans le milieu à la fin de l'essai.



cotomes, des cytises, des coronilles, des genêts, des bugranes, des adénocarpes, des spartiers d'Espagne, pour ne parler que des plantes ligneuses.

La découverte d'Hellriegel intéresse donc la culture forestière, puisqu'elle nous fait toucher du doigt une de ces causes compensatrices des pertes d'azote que subissent tous les sols forestiers.

Mais il y en a, je crois, une plus importante et plus générale qui a passé jusqu'alors inaperçue : je veux parler de la fixation de l'azote atmosphérique par les feuilles mortes.

En novembre 1894, j'ai cueilli sur de jeunes chênes et charmes de la forêt de Haye, des feuilles mortes encore adhérentes aux rameaux. Je les ai laissées dessécher à l'air du laboratoire, puis à 100°. Les feuilles de chêne contenaient alors 9.73 p. 100 d'eau et celle de charme 12.70 p. 100, avec un taux d'azote de 1.108 p. 100 pour le chêne et de 0.947 p. 100 pour le charme.

53^{gr},130 de feuilles de chêne séchées à l'air et correspondant à 48^{gr},96 de feuilles à 100° ont été placés dans une caisse en zinc de 0^{m},50 de côté dont le fond était garni d'une plaque de calcaire et qui était recouverte d'un grillage en fil de fer galvanisé.

Un autre lot des mêmes feuilles, équivalant à 53^{gr},54 de feuilles desséchées à 100°, fut placé dans une autre caisse en zinc garnie d'une plaque de grès bigarré.

Enfin, deux autres lots de feuilles de charme correspondant tous deux à 43^{gr},65 de feuilles desséchées à 100° furent mis en même temps dans deux autres caisses en zinc pareilles aux précédentes.

Ces caisses furent exposées en plein air sur un support de 0^{m},60 de hauteur, à l'abri des émanations du sol et de toute source d'ammoniaque.

Je me proposais, en installant ces essais, un double but : 1° étudier la rapidité de décomposition des feuilles de diverses essences suivant la nature du substratum (calcaire ou grès) ; 2° suivre les modifications qualitatives et quantitatives des matières minérales et organiques jusqu'à leur transformation en humus. Parmi ces matières organiques les principes azotés m'intéressaient surtout.

Étant donné que la décomposition des feuilles mortes en présence de l'air (ou humification) est essentiellement due à des microorga-



nismes, comme je l'ai montré en 1886[1], que, d'autre part, cette décomposition est très active et suppose la présence de myriades de microbes, on pouvait penser que ces microbes, qui ne sont, à vrai dire, chimiquement, que de petites masses de protoplasma, c'est-à-dire de matière azotée, compenseraient les pertes que pouvaient éprouver les feuilles mortes dans leur taux de matière azotée par retour d'une partie à l'état d'azote gazeux, peut-être même qu'ils enrichiraient leurs hôtes, les feuilles, en azote, s'il s'en trouvait, parmi eux, quelques-uns qui eussent la même précieuse faculté que les bactéries des racines des légumineuses.

C'est ce dernier cas qui s'est réalisé dans mes expériences.

En décembre 1895, après un an d'exposition à l'air, les feuilles de chêne sur calcaire renfermaient 1.923 p. 100 d'azote et les feuilles de charme sur grès bigarré 2.246 p. 100, les feuilles étant supposées desséchées à 100°.

Le gain a donc été de $0^{gr},815$ d'azote par 100 gr. de feuilles de chêne et $1^{gr},299$ par 100 gr. de feuilles de charme; les taux primitifs étant de 1.108 pour le chêne et de 0.947 pour le charme, on voit que les feuilles sont devenues environ deux fois plus riches en azote qu'elles ne l'étaient au début.

Pendant cette année, les feuilles de chêne ont perdu 21.62 p. 100 de leur poids primitif à 100° et les feuilles de charme 23.01 p. 100. En nous mettant dans le cas le plus défavorable et en supposant, ce qui n'est guère probable, que la disparition n'ait porté que sur les matières ternaires, qu'il ne se soit formé aucun composé ammoniacal ou nitré ou amidé soluble et entraîné par les eaux aux dépens de l'azote primitif des feuilles, le taux de 1.923, rapporté non plus au poids des feuilles en décembre 1895, mais à leur poids au début de l'expérience, devient 1.508.

De même, le taux de 2.246 devient 1.727 avec un gain de $1.508 - 1.108 = 0.400$ p. 100 d'azote pour les feuilles de chêne et de $1.727 - 0.947 = 0.780$ p. 100 pour les feuilles de charme.

---

1. *Intervention des ferments organisés dans la décomposition de la couverture des sols forestiers.* (*Association française pour l'avancement des sciences.* — Congrès de Nancy, 1886.)

Ainsi, dans les conditions des expériences, les feuilles qui ont passé un an à l'air sont relativement deux fois plus riches en azote que les feuilles mortes qui viennent de tomber sur le sol et elles sont encore plus riches d'une manière absolue. Ce gain d'azote est très important, puisqu'il s'élève, même dans ce dernier cas, à la moitié ou aux deux tiers du taux primitif; il représente, en admettant que le sol de la forêt reçoive, à chaque automne, 3 300 kilogr. de feuilles mortes, un total de $22^{kg},4$ d'azote pour les feuilles de charme et de $13^{kg},2$ pour celles de chêne, c'est-à-dire à peu près le quantum d'azote absorbé par la fabrication du bois.

Cette cause principale d'appauvrissement en azote des sols forestiers se trouve immédiatement compensée par l'activité que mettent les feuilles mortes à accaparer l'azote atmosphérique, si bien qu'en dehors de ces déperditions d'azote par suite des transformations successives des matières azotées, déperditions qu'on ne pourra jamais chiffrer exactement, mais qui sont certainement minimes, on n'aperçoit plus que des sources d'enrichissement en azote pour les sols forestiers, et nous voyons clairement une des causes, peut-être la principale, en tous cas la plus générale, pour lesquelles la culture forestière a toujours été considérée comme essentiellement améliorante, comme la seule qui sût accumuler assez de matières nutritives pour permettre, au bout d'un certain temps, de faire de la culture agricole sur les sols les plus pauvres.

Ainsi, ce lit de feuilles, appelé si justement couverture, qui est déjà si utile par ce que nous connaissions de son rôle physique et chimique, acquiert un nouveau titre à notre reconnaissance par cette remarquable captation d'azote qui est, je crois, mise pour la première fois en lumière[1].

---

1. M. Berthelot a montré en 1885, comme je viens de le rappeler, que, dans ses expériences, il y avait eu fixation d'azote sur des sables, des sols argileux, de la terre végétale. MM. Gautier et Drouin ont établi en 1868 (*C. R.* T. CVI *passim* et T. CXIII, p. 820) « que l'humus et même l'acide humique préparé chimiquement avec le sucre et les acides conférait aux sols naturels ou composés artificiellement de silice, calcaire et kaolin, ensemencés ou non de végétaux, la propriété de s'enrichir en azote assimilable, que les sols nus pourvus de matières organiques, et ceux-là seulement, fixaient l'azote libre ou ammoniacal de l'atmosphère et que la matière humique était une condition nécessaire de cette fixation. » (*C. R.* T. CXXIV, juin 1897.) Il ne s'agit, dans mes expé-



Les feuilles sont réellement des organes admirables. Après avoir activement travaillé toute leur vie à élaborer les matières plastiques nécessaires à la vie actuelle et future de l'arbre, elles tombent quand les circonstances atmosphériques les empêchent de continuer à remplir leur rôle ; mais elles ne tombent qu'après avoir mis en réserve, j'allais dire en sûreté, dans l'arbre les matières rares, précieuses (azote, phosphore, potasse) qui serviront au printemps à édifier les nouvelles feuilles, aussi laborieuses que leurs devancières. A leur chute, elles ne renferment plus que le minimum possible de ces matières, le *caput mortuum,* ce qui n'a pu se dissoudre pour émigrer dans le bois des rameaux et des branches. Mais on dirait qu'elles ont hâte, même mortes, de travailler pour l'arbre qui les a produites. Dès qu'arrivent les beaux jours, elles servent de pâture à des myriades de microorganismes dont la présence et l'activité sont attestées par un fort dégagement d'acide carbonique et dont un certain nombre a la faculté d'absorber, outre l'oxygène, l'azote de l'air pour le faire entrer dans la constitution de leur protoplasma.

D'où viendrait cet excédent considérable d'azote dans les feuilles mortes après un an d'exposition à l'air? Il n'y en a ni dans le zinc, ni dans le calcaire, ni dans le grès qui étaient en contact avec les feuilles, et ce ne sont pas les traces d'ammoniaque et d'acide nitrique contenues dans la pluie qui a mouillé ces feuilles qui ont pu doubler leur taux d'azote, le faire passer de 1.108 à 1.923 p. 100 et de 0.947 à 2.246 p. 100. Il faut donc que la plus grande partie de cet excédent provienne de l'azote élémentaire de l'atmosphère.

Les feuilles des deux autres caisses, celles de chêne sur plaque de grès bigarré et celles de charme sur plaque de calcaire, au lieu

---

riences, ni de sol, ni d'humus, mais de feuilles mortes encore adhérentes aux rameaux et qui, après deux ans d'exposition à l'air, n'étaient nullement réduites à l'état d'humus, c'est-à-dire d'une substance noire, grumeleuse, ayant perdu toute trace d'organisation végétale. Les feuilles de chêne et de charme étaient devenues noires, mais étaient encore parfaitement reconnaissables. Ce n'est donc pas seulement à l'état d'humus, combiné ou non avec le sol, que la matière organique peut fixer l'azote de l'air comme l'ont montré MM. Berthelot, Gautier et Drouin. Dès que la feuille est morte et pendant qu'elle conserve sa forme avant de se transformer en humus, elle jouit de cette précieuse faculté.

de rester un an exposées à l'air, y furent laissées deux ans, de décembre 1894 à décembre 1896.

De plus, en mai 1896, j'ai ajouté à chaque caisse 50 gr. de terre fine de la forêt de Haye, dont j'avais préalablement dosé l'eau et les matières organiques. Les dosages d'azote donnèrent des résultats absolument concordants avec les précédents : 1.73 p. 100 de feuilles sèches à 100° pour le chêne sur grès bigarré ; 2.15 p. 100 pour le charme sur calcaire, c'est-à-dire un petit peu moins (0.1 à 0.2 p. 100) que le chiffre trouvé à la fin de la première année, période de grande activité des microbes ; mais ces chiffres sont toujours très supérieurs aux taux primitifs : ils accusent un gain relatif d'azote de 0.6 p. 100 pour le chêne et de 1.1 p. 100 pour le charme.

Pendant ces deux ans, les feuilles de chêne ont perdu 29.64 p. 100 de leur poids à 100° et les feuilles de charme 28.61 p. 100.

En admettant encore, pour rendre la captation d'azote plus évidente, que les 28 à 29 p. 100 perdus ne comprissent pas de matières azotées, il y aurait eu néanmoins un enrichissement absolu de 1.22 — 1.11, soit 0.11 p. 100 du poids initial pour le chêne et de 1.53 — 0.95, soit 0.58 p. 100 pour le charme.

Si l'on trace une courbe représentant les taux d'azote dans une feuille depuis sa naissance jusqu'à sa transformation en humus, on voit qu'elle a son point d'inflexion au moment de la chute, puis qu'elle se relève par suite de la captation d'azote libre.

Voici des chiffres se rapportant aux feuilles de chêne :

	Matières azotées.	
Mai	25.9	p. 100.
Juin	14.6	—
Juillet	14.0	—
Août	9.9	—
Septembre	7.0	—
Octobre	6.6[1]	—
Décembre 1894	6.9	—
Décembre 1895	12.0	—
Décembre 1896	10.8	—

1. Les chiffres précédents sont empruntés à Ebermayer.

Ainsi donc, si les choses se passent dans la nature comme dans les essais dont je viens de parler, les 3300 kilogr. de feuilles mortes annuelles reçues par un hectare contiennent, au moment de leur chute, 1 p. 100 d'azote, soit 33 kilogr. d'azote ou 206 kilogr. de matières azotées.

Un an après, ces 3300 kilogr. se sont réduits à 2640 kilogr. à 2 p. 100 d'azote en moyenne (1.92 pour les feuilles de chêne, 2.25 pour celles de charme), ce qui équivaut à 53 kilogr. d'azote ou 331 kilogr. de matières azotées par hectare. Le gain d'azote par hectare s'élève donc à *20 kilogr.*, correspondant à une fumure de *125 kilogr.* de matières azotées.

Au bout de deux ans, les feuilles de chêne et de charme, qui avaient subi comme en forêt toutes les influences atmosphériques et qui reposaient sur une dalle calcaire ou gréseuse presque horizontale, de façon que l'humidité s'y maintînt le plus longtemps possible, étaient complètement noires mais parfaitement reconnaissables, les feuilles de charme aussi bien que celles de chêne, malgré ce que l'on dit de leur plus grande altérabilité. Elles étaient loin d'être réduites à l'état d'humus.

Il faudrait, pour épuiser le sujet et lever tous les doutes, pouvoir isoler ceux des microorganismes phyllophages qui fixent l'azote, les élever en culture pure et démontrer directement leur faculté d'absorption par la diminution du volume déterminé d'azote dans lequel on les ferait vivre, comme l'ont fait MM. Schlœsing fils et Laurent pour les bactéries des légumineuses[1]. Mais ce sont là des points en dehors de ma compétence et qui ne peuvent être élucidés que par des bactériologistes. J'ai remis ces feuilles fixatrices d'azote à M. le professeur Macé, qui a bien voulu se charger de les étudier.

En dehors des bactéries des légumineuses, il n'y a guère à citer, parmi les microorganismes du sol dont le rôle comme fixateur d'azote ait été nettement déterminé, que le *Clostridium pasteurianum* récemment découvert par M. Vinogradsky[2]. Je ne puis mieux faire

1. *C. R.* Séance du 10 novembre 1890.

2. Ce travail en langue russe : *Absorption par des microorganismes de l'azote libre de l'air*, est analysé dans les *Annales de Micrographie*, p. 78. 1896.



que de donner l'opinion, sur le sujet qui nous occupe, d'un maître incontesté en bactériologie.

« Vinogradsky part de ce fait que l'assimilation de l'azote est un phénomène très répandu dans le sol des champs et des prairies (nous venons de voir qu'il l'est probablement aussi dans le sol des forêts), pour penser qu'il est difficile de l'attribuer seulement à quelques espèces de plantes supérieures ou aux algues et que cette assimilation doit se faire par des microbes, surtout par ceux auxquels suffit un milieu riche en carbone mais pauvre en azote. Il les a donc cherchés et les a isolés par la méthode élective des cultures.

Voici ses conclusions :

1° Sur 10 microbes extraits du sol, pas un, ni l'*Aspergillus,* n'a assimilé d'azote libre ;

2° Pas un des microbes n'a pu se développer dans un milieu totalement dépourvu d'azote et le *Clostridium pasteurianum* est unique à ce point de vue. Lui seul peut fixer l'azote en quantité suffisante pour ses besoins, depuis le commencement jusqu'à la fin de sa végétation.

L'auteur admet, contrairement à l'opinion de M. Berthelot, que la faculté de fixer l'azote libre de l'air n'est pas très répandue dans le monde des microbes et constitue une fonction spéciale d'une seule ou de quelques espèces, mais jusqu'à présent on n'en connaît avec certitude qu'une seule : c'est le *Clostridium pasteurianum.* »

M. Claudio Fermi[1] dit aussi, dans les conclusions d'un travail récent sur le même sujet :

« Parmi les microorganismes que j'ai étudiés, je n'en ai point trouvé, dans ceux que l'on peut cultiver sur solutions de saccharose pure, qui soient capables de fixer l'azote de l'air. A cet égard, mes recherches concordent avec celles de Vinogradsky. »

Quant à la prétendue fixation de l'azote libre par des algues inférieures, fixation qui devrait se manifester aussi en forêt où ces algues existent, elle ne serait pas due, paraît-il, aux algues, comme l'ont cru MM. Schlœsing fils et Laurent, mais aux colonies de bactéries qui y vivent.

1. *Annales de Micrographie,* p. 520. 1896.

« En cultures pures, exemptes de bactéries, dit M. Kossowitch[1], les algues ne fixent pas l'azote. Mais, à la lumière, associées aux bactéries, elles peuvent influencer directement ce phénomène de la fixation de l'azote en fournissant à ces microorganismes les substances hydrocarbonées nécessaires à leur développement. Mieux nourries, les bactéries se développeront plus vite, et, par suite, la proportion d'azote fixée par elles augmentera plus rapidement. »

M. Bouilhac[2] a aussi constaté que la fixation d'azote peut se faire par l'association de certaines algues et de bactéries.

Même certains auteurs, tels que M. Stoklasa, de Prague[3], attribuent, dans l'assimilation de l'azote gazeux par les lupins, un rôle plus actif aux algues et aux bactéries du sol qu'aux bactéroïdes des tubercules.

On voit que si le fait de l'assimilation de l'azote gazeux par la végétation est maintenant hors de conteste, son mécanisme reste encore bien obscur; on l'entrevoit seulement et on ne connaît avec certitude que quelques-uns de ces organismes, sans doute nombreux, par l'intermédiaire desquels s'établit une des compensations aux pertes que subit incessamment la masse totale d'azote combiné du globe. L'autre cause compensatrice, la seule que l'on pût invoquer, il y a dix ans, était, on le sait, la combinaison de l'azote de l'air à l'oxygène et à l'hydrogène de la vapeur d'eau sous l'action des effluves électriques.

Il semble que les bactériologistes auraient profit à porter leurs investigations sur les feuilles mortes des forêts, à l'époque où elles sont le siège d'une décomposition active due à des microorganismes aérobies, ceux dont la technique est justement la plus avancée, et il est probable qu'ils enrichiraient de quelques noms la liste encore bien courte des microbes fixateurs d'azote.

En résumé, d'après ces premiers résultats d'essais, que je poursuis en variant le matériel et les conditions d'expérience, je crois avoir montré l'une des raisons, la plus importante peut-être et en

1. *In extenso* dans *Bot. Zeit.* 1894. 1[re] partie, p. 97-116, analysé dans les *Annales de Micrographie*, p. 227. 1896.

2. *C. R.* T. CXXIII, p. 823.

3. *Landwirthschaftliche Jahrbücher*, t. XXIV, p. 827-868. 1895.



tous cas la plus générale, pour lesquelles la forêt enrichit le sol en azote.

Si l'on comprenait cet enrichissement pour les matières minérales qui, grâce aux réactions chimiques plus prolongées et plus intenses en forêt qu'ailleurs, deviennent assimilables en plus forte proportion dans le sol forestier, il ne s'expliquait plus pour l'azote, quoiqu'il fût réel, depuis qu'on était éclairé sur les faibles quantités d'azote combiné apportées à la forêt par l'atmosphère et les eaux météoriques.

Ainsi, la forêt, la grande bienfaitrice, ne se contente pas de nous fournir, avec le bois et ses multiples dérivés, une foule de produits utiles, de protéger les pentes de nos montagnes contre les dévastations des eaux sauvages, de nous procurer de frais ombrages et de charmer nos yeux par sa verdoyante parure ; elle est encore le moyen le plus précieux que l'homme ait à sa disposition, le seul qui ne nécessite aucune dépense, pour enrichir les sols en ces deux groupes de substances si rares et si essentielles à la végétation, les matières azotées et les principes minéraux nutritifs et pour mettre, avec le temps et sans frais, les plus pauvres d'entre eux en état de fournir aux exigences des récoltes agricoles.

SUR LA POSSIBILITÉ

D'UNE

CULTURE AVANTAGEUSE

DE LA BETTERAVE A SUCRE

DANS CERTAINS TERRAINS SALANTS

D'après une étude de MM. HILGARD et LOUGHRIDGE[1]

PAR

J. VILBOUCHEVITCH

Il est généralement admis que la culture de la betterave à sucre[2] ne convient point aux terrains salants, les quelques cas y relatifs décrits en Europe ayant montré que la teneur en sucre et la pureté du jus se trouvent basses et la proportion de cendrés haute. En Californie, d'où nous vient aujourd'hui l'avis contraire, la même constatation a été faite autant que les essais avaient porté sur des terrains salants du littoral : la meilleure graine n'y donnait que des racines à 5 p. 100 et 6 p. 100 de sucre, avec pureté de 20° au-dessous de la tolérance. Le résultat n'a pas été meilleur à la succursale de la

1. *Report of work of the Agricultural Experiment Station of the University of California for the year* 1894-1895. Sacramento, 1896, p. 71-91, avec une planche, huit tableaux, trois diagrammes et une carte pédologique.

2. Contrairement à celle de la betterave fourragère (voyez une notice que j'ai publiée là-dessus dans la *Revue des sciences naturelles appliquées*). L'espèce sauvage *Beta maritima* dont se déduit la betterave cultivée est une halophyte comme la plupart des Chénopodiacées auxquelles elle appartient.



Station agronomique de l'Université de Californie, qui a été créée il y a quelques années spécialement pour l'étude du salant continental, près Tulare, dans la vallée de San-Joaquin : partout où les racines arrivaient au contact du salant, la richesse en sucre et la pureté étaient insuffisantes.

Le salant, à Tulare, se compose, en même temps que de carbonate et de sulfate de soude, d'une respectable dose de chlorure (sel marin) ; il comporte, en plus, de la potasse, des phosphates d'alcalis et du salpêtre.

Or, il y a quelques années, une vaste entreprise de betteraves à sucre se fondait à Chino, où la Station possède également une succursale grande de 10 acres de terrain sis en contre-bas et accusant chaque été des taches d'efflorescences salines. Fort des résultats décourageants observés à Tulare, M. Hilgard s'empressa de mettre les propriétaires de la sucrerie en garde de ne pas avancer leurs cultures, sous peine d'échec, du côté de cette partie basse salante ; ce conseil fut suivi d'abord, mais la sucrerie prenant de plus en plus d'extension, bientôt on ne pensa plus au salant et les cultures empiétèrent sur les terres franchement salantes ; quel ne fut pas l'étonnement des chimistes de la Station en voyant venir, deux années de suite, des racines d'excellente qualité tout près d'endroits en été les plus chargés d'efflorescences !

Il fut résolu de consacrer le terrain adjacent appartenant à la Station agronomique à l'étude approfondie de l'affaire.

Les 10 acres furent mises en culture pour la première fois en 1894 ; à l'état naturel, le terrain laissait voir de loin en loin de petites taches de salant sans que sa couverture végétale de hautes graminées et de composées eût l'air de s'en ressentir, mais une fois dénudé, et la sécheresse de l'année aidant (en 1894 il n'était tombé que 8 pouces de pluie), il y eut une forte recrudescence des efflorescences ; il en vint en maint endroit où jamais auparavant on n'en avait vu ; « ceci eut d'ailleurs l'avantage de maintenir la surface à un degré d'humidité favorable à la germination[1] » ; les jeunes plantules, tout entou-

1. « La présence d'une quantité modérée de salant est d'une utilité directe en empêchant le desséchement du sol... L'agriculture d'une très vaste superficie de terres ne



rées qu'elles étaient de blanches efflorescences, paraissaient être tout à fait à leur aise.

La plus grande partie du champ avait été ensemencée de différentes graminées fourragères; malgré une petite pluie tardive tombée sur le semis, parmi les semences de petite taille il n'y eut guère de levées; seuls, le sorgho et le maïs levèrent bien, mais ne tardèrent pas à dépérir au point qu'on dut renoncer à l'espoir de récolter quelque chose. Du grand choix de papilionacées semées en même temps et presque toutes bien levées, aucune ne se développa normalement. Dans ces conditions, qui témoignent suffisamment de la salinité du terrain, la partie ensemencée fut défoncée à nouveau et, le 29 mai, ensemencée de betteraves à sucre qui y vinrent admirablement, au beau milieu des efflorescences.

Si ce terrain se comporte vis-à-vis de la betterave d'une autre façon que ne le font les terrains salants maritimes et les terrains de Tulare, c'est qu'aussi la composition du salant est différente; c'est ici le sulfate de sodium qui prédomine, tandis que sur le littoral c'est le sel marin.

Pour donner une idée plus précise du terrain de Chino, en voici une analyse complète faite en 1890: « De l'alluvion ancien, argileux; gris bleuâtre; gris souris quand il est humide; très profond; changeant à peine à mesure que l'on s'enfonce à 10 pieds et davantage; demeure humide pendant l'été; rentre dans la catégorie appelée par les gens du pays « adobe[1] »; se laisse labourer aisément lorsque encore assez humide; par les années pluvieuses devient facilement marécageux, comme c'est le propre des sols couverts à l'état naturel, comme l'était celui-ci, de *Anemopsis Californica* (*yerba mansa*).

Matériaux d'un diamètre supérieur à 0,6 millimètre.	10.00	p. 100.
Terre fine	90.00	—

---

pourrait pas du tout exister dans sa forme actuelle sans le concours de l'humidité hygroscopique absorbée dans une proportion notable grâce à la présence du salant » (Hilgard, dans les *Annales de la science agronomique française et étrangère*, 1893- p. 70 du tirage à part); M. Hilgard revient souvent sur ce sujet dans ses publications postérieures.

1. Pour autres détails sur l' « adobe », voyez l'ouvrage précité de M. Hilgard, p. 22 du tirage à part.

Analyse chimique de la terre fine.

Matières insolubles	62.62	70.92	p. 100.
Silice soluble dans une dissolution bouillante de carbonate de soude	8.30		
Potasse (K_2O)		0.95	—
Soude (Na_2O)		0.50	—
Chaux (CaO)		5.07	—
Magnésie (MgO)		0.84	—
Oxyde salin de maganèse (Mn_3O_4)		0.06	—
Oxyde de fer (Fe_2O_3)		6.43	—
Alumine (Al_2O_3)		4.88	—
Acide phosphorique (P_2O_5)		0.21	—
Acide sulfurique (SO_3)		0.06	—
Acide carbonique (CO_2)		3.76	—
Eau et matières organiques		6.02	—
Total		99.70	—

Humus	1.99	p. 100.
Richesse de l'humus en azote	10.20	—
Richesse du sol en azote	0.203	—
Cendres	1.13	—
Acide phosphorique soluble	0.03	—
Silice	0.96	—
Humidité hygroscopique (absorbée à 15° C)	5.81	—

Analyse mécanique de la terre fine.

Argile colloïdale		13.44	p. 100.
Limon	< $0^{mm}.25$ de valeur hydraulique	20.65	—
	$0^{mm},25$ — —	1.37	—
	$0^{mm},50$ — —	4.91	—
	$1^{mm},00$ — —	5.95	—
	$2^{mm},00$ — —	13.46	—
Sable	$4^{mm},00$ — —	10.36	—
	$8^{mm},00$ — —	9.25	—
	$16^{mm},00$ — —	12.01	—
	$32^{mm},00$ — —	2.75	—
	$64^{mm},00$ — —	1.66	—
Capacité hydraulique		60.20	

Le salant. — L'analyse par délavage d'échantillons prélevés en octobre 1894 et comprenant l'épaisseur des premiers 12 pouces, montra une teneur en salant total variant de 0.032 p. 100 à 0.322

p. 100 du sol desséché à l'air (dans les livres classiques on trouve indiqué 0.250 p. 100 comme limite de la résistance des cultures dans les terrains *salés*), donc la salinité totale variait du simple au décuple ; la *composition* du salant variait encore davantage.

Comme l'on tenait à avoir des données précises, on se décida à diviser les 10 acres en 169 carrés de 50 pieds chaque et à rechercher séparément, pour le centre de chaque carré, la richesse totale en salant et la richesse de celui-ci en sulfates, carbonates, chlorures et nitrates (surtout — du nitrate de magnésium), en échantillonnant l'épaisseur de 1 pied (= 12 pouces). Au moment de la publication du compte rendu, il y avait déjà 65 analyses effectuées.

Sans reproduire le tableau dans lequel les résultats sont consignés, disons que, dans certains carrés (1, 8, 50, 60), le sol a été trouvé chargé de carbonate de soude à raison de plus de 2 000 livres à l'acre-pied[1], tandis que dans d'autres il n'y en a que des traces ; que presque sur toute l'étendue du champ d'expérience il a été constaté une proportion de nitrates inusitée, dans quelques carrés s'élevant jusqu'à 50 p. 100 de la somme des sels solubles.

Ainsi, dans le carré n° 9, il a été trouvé tant de nitrates qu'en salpêtre cela aurait fait près de 2 tonnes à l'acre pour 1 pied d'épaisseur, et 5 500 livres anglaises pour 3 pieds ; c'est à peu près le trentuple de la fumure la plus forte de salpêtre de Chili, jamais pratiquée en agriculture. Ce carré a donné des racines caractérisées par les défauts que l'on connaît aux betteraves démesurément fumées de salpêtre ; le mémoire de MM. Hilgard et Loughridge donne la photographie d'une de ces racines, pesant 2,5 livres, avec 10 p. 100 de sucre dans le jus et pureté égale à 67, tandis que la moyenne pour le reste du champ d'expérience était de 0,86 livre (400 gr.) et la richesse de l'ensemble de la récolte du champ d'expérience, vendue à la sucrerie, de 15.5 p. 100, avec pureté entre 85 et 90[2].

1. Le poids d'une couche de sol, grande de 1 acre et épaisse de 1 pied, étant estimé à 4 000 000 livres anglaises.

2. A propos de ce carré n° 9, un détail qui rappelle combien il faut de circonspection lorsqu'il s'agit de juger un terrain salant : L'analyse de l'échantillon pris en octobre 1894 avait accusé, comme on vient de le dire, une teneur en nitrates qui re-



Résultats. — Les betteraves expérimentées appartenaient aux variétés : « Vilmorin améliorée », « Vilmorin », « Mammouth rouge », « Géante dorée », « Blanche française », « C. R. », « L. R. », « Norton's Giant », « O. D. ». Le mémoire donne un grand nombre de chiffres sur les qualités des racines obtenues, selon l'emplacement, la variété, l'époque de la mise en terre et de la récolte. Nous n'en retiendrons d'abord que cette conclusion générale :

« C'est la « Vilmorin améliorée » et la « Vilmorin » qui ont donné la richesse en sucre la plus élevée ; le maximum revient à une racine appartenant à la première variété et est égal à 16.2 p. 100. Vient ensuite la « C. R. », avec 15.8 p. 100.

Les deux premières ont été récoltées sur le carré n° 1 qui contient très peu de nitrates, mais d'autre part beaucoup de carbonate de soude[1]. Toutes les autres variétés sont restées au-dessous de 15 p. 100[2].

La pureté a été maximale dans des « Vilmorin améliorées » (89) et des « L. R. » (85 et au-dessus) ; pour le reste des variétés, le degré demeura au-dessous de 85 p. 100 ; 24 échantillons, sur environ une centaine, restèrent au-dessous de 80 p. 100. »

Les tableaux qui suivent permettront de juger plus en détail l'effet produit sur les betteraves par les différents sels. Il y en a un pour chaque variété, celles-là seulement des variétés étant d'ailleurs prises en considération qui ont été cultivées sur plus de deux carrés. Dans chaque tableau, en regard des données sur les résultats de la culture,

viendrait, pour 3 pieds, à plus de 5 000 livres à l'acre ; or, un échantillonnage du même endroit fait en avril 1895, après que les pluies d'hiver y eurent passé, n'en révéla plus que 140 livres à l'acre pour la même épaisseur.

1. Pour éviter une confusion dans la suite, je rappelle qu'il ne s'agit ici que des meilleures racines du carré n° 1 ; ainsi cette même « Vilmorin améliorée » y a donné aussi des racines dont le jus ne contenait que 10.5 p. 100 de sucre.

2. Un détail qui est peut-être pour quelque chose dans la supériorité de la « Vilmorin améliorée » : Les betteraves des différentes variétés furent plantées toutes sur la partie est d'un petit nombre de carrés situés sur l'extrême bord est du champ, la « Vilmorin » occupant la rangée la plus externe (la plus à l'est), tandis que la « Vilmorin améliorée » occupait la rangée la plus à l'ouest, contiguë à quelques rangées de blé, d'orge et d'autres graminées dont l'ombrage lui profitait en réfrénant la croissance des racines, ce qui ne peut ne pas avoir contribué à en rehausser la richesse en sucre.



on en trouvera d'autres sur la salinité totale et la composition du salant pour les différents carrés auxquels ces résultats se rapportent. Il n'y a que cette façon de comparer qui puisse être instructive, la variété demeurant toujours un facteur impossible à compenser.

Je rappelle que les analyses de salant qui entrent dans ces tableaux concernent une épaisseur de 1 pied et se rapportent au centre de chaque carré, l'échantillonnage ayant été fait en octobre 1894. Les analyses de betteraves sont dues au chimiste de la sucrerie de Chino.

NUMÉRO du CARRÉ.	POIDS en onces.	SUCRE.	PURETÉ.	TOTAL des sels solubles.	SULFATE.	CARBONATE.	CHLORURE.	NITRATE.
Variété « Vilmorin améliorée ».								
53.	8.0	14.5	83	.271	.179	.052	.038	.004
52.	6.7	13.8	83	.093	.014	.053	.012	.014
1.	14.2	13.7	84	.113	.033	.076	.002	.002
27.	11.7	12.8	82	.157	.093	.042	.015	.007
26.	11.1	12.5	83	.107	.059	.032	.009	.007
Variété « Vilmorin ».								
1.	24 5	12.8	77	.113	.033	.076	.002	.002
52.	19.7	12.1	80	.093	.014	.053	.012	.014
53.	19.0	11.5	77	.271	.179	.052	.038	.004
26.	30.1	11.1	78	.107	.059	.032	.009	.007
27.	30.0	11.1	79	.157	.093	.042	.015	.007
Variété « L. R. ».								
52.	9.7	13.8	84	.093	.014	.053	.012	.014
53.	12.5	13.5	83	.271	.179	.052	.038	.004
27.	15.7	13.5	85	.157	.093	.042	.015	.007
26.	16.2	12.1	83	.107	.059	.032	.009	.007
1.	15.6	10.0	79	.113	.033	.078	.002	.002
Variété « C. R. ».								
53.	15.3	12.0	82	.271	.179	.052	.038	.004
52.	16.7	11.8	80	.093	.014	.053	.012	.014
27.	19.5	11.6	78	.157	.093	.042	.015	.007
1.	17.9	11.5	78	.113	.033	.076	.002	.002
78.	12.5	10.9	78	.140	.096	.016	.012	.016
26.	18.9	10.8	78	.107	.059	.032	.009	.007

Je continue en traduisant intégralement les commentaires dont les auteurs font suivre ces tableaux :

1. La moyenne de la « Vilmorin améliorée » pour les cinq carrés a été bonne autant pour la richesse que pour la pureté. La moyenne pour la richesse a été la plus élevée, toujours pour cette variété, sur le carré 53, qui est le plus chargé de salant (0.271 p. 100, ce qui équivaut à 5 tonnes à l'acre-pied) et offre, en même temps, le plus de sulfate et le plus de sel marin; elle a été la plus basse pour le carré 26, qui cependant offre le moins de carbonate de soude.

Cependant, comme il a été mentionné plus haut, une racine, la plus riche pour cette variété et en même temps la plus riche de tout le champ — 16.2 p. 100 de sucre, — provenait du carré n° 1 dont la teneur est à la fois très basse pour le nitrate et pour le chlorure, et dont la salinité totale ne dépasse que de peu 2 tonnes à l'acre-pied.

Les racines étaient relativement menues — 3/4 de livre en moyenne sur les carrés 53 et 52, qui ont donné les moyennes de sucre les plus élevées; il a été indiqué plus haut que le voisinage des rangées de graminées doit y avoir été pour quelque chose.

2. La « Vilmorin » qui, dans les mêmes carrés, occupait la rangée la plus externe (et, par conséquent, la moins ombragée), était beaucoup plus grosse et beaucoup moins riche que la « Vilmorin améliorée ». Sur le carré n° 1 qui a donné, pour cette variété, la moyenne de sucre la plus élevée, le poids moyen était de 2 livres.

Pour cette variété, le sol le plus chargé de salant (le carré 53 accusant près de 5 tonnes de sels solubles à l'acre-pied) a donné des racines fort pauvres en sucre; le sol le plus pauvre en chlorures (le carré n° 1), les plus riches en sucre; le sol le plus riche en chlorures (le carré n° 53), des racines pauvres en sucre. Impossible de dire pour le moment si ces résultats, contraires à ceux observés pour la « Vilmorin améliorée », doivent être attribués à la grande dimension atteinte par les racines de la « Vilmorin », ou réellement à une façon différente de se comporter vis-à-vis du salant qui tiendrait à la variété (ou à autre chose).

3. La « L. R. » avait en moyenne des dimensions bonnes; excepté le carré n° 1, elle a donné une bonne richesse et une bonne pureté. Cette variété a donné les racines les meilleures sur le carré n° 52, le

moins chargé de salant au total quoique le plus riche en nitrates et presque le plus riche en carbonate de soude. A remarquer que le carré 53, le plus chargé de salant au total et aussi de chlorures, a donné dans ce cas des racines à peu près aussi bonnes que le 52, le moins salé.

4. La « C. R. » est demeurée, à l'exception du seul carré 53, au-dessous de 12 p. 100 comme moyenne de sucre pour chaque carré, et sur tous les six carrés où on en avait mis, le poids moyen de ses racines a été supérieur à une livre. Sa pureté également a été basse.

La meilleure moyenne que cette variété ait fournie provient du carré 53, qui a le plus de sels solubles au total, le plus de chlorure et le plus de sulfate ; en ceci concordance avec le résultat donné par la « Vilmorin améliorée ».

Voici encore quelques données recueillies moins méthodiquement, un peu au hasard du travail courant de la Station ; dans le tableau ci-dessous, il a été impossible de retrouver quelle est la variété qui a été plantée, mais il est probable que cela a été la même pour les quatre parcelles compulsées dans le tableau (carrés n[os] 158, 21 et 8 et une parcelle de Rincon-Ranch, propriété située à 7 ou 8 milles de Chino et remarquable, d'après le dire du chimiste de la sucrerie de Chino, par la qualité exceptionnelle des betteraves qu'elle fournit — 19 à 21 p. 100 de sucre comme moyenne de plusieurs charges de voiture). Les dosages du salant se rapportent, comme dans les autres tableaux, à la couche supérieure d'un pied d'épaisseur. Sols et racines ont été analysés par M. E. Jaffa, du laboratoire de Berkeley.

DÉSIGNATION des parcelles.	BETTERAVES.			SELS (pour 100 du sol).				
	Poids en onces	Sucre.	Pureté.	Total des sels solubles.	Sulfate.	Carbonate.	Chlorure.	Nitrate.
Carré n° 158 .	17.4	16.3	93	.186	.069	.053	.033	.031
Carré n° 24 . .	20.2	15.9	92	.200	.136	.037	.004	.023
Carré n° 8 . .	38.9	10.1	67	.233	.059	.084	.082	.008
Sol de Rincon-Ranch . . .	»	19 à 21	»	.043	.018	.011	»	.014

Il est évident que les betteraves n'ont pas été sérieusement endommagées par le haut dosage total du salant ni dans le carré n° 24, où il y en a 4 tonnes à l'acre-pied, ni dans le carré n° 158, où le salant s'élève à 3 1/2 tonnes à l'acre-pied. D'ailleurs, déjà par les tableaux précédents, nous avons vu que la « Vilmorin améliorée » et la « L. R. » avaient parfaitement réussi dans le carré n° 53, malgré ses 5 tonnes de sels solubles à l'acre-pied.

Toutefois, le carré n° 8, qui a beaucoup moins de salant total que n'en a le carré n° 53, a donné des racines volumineuses et pauvres en sucre; il faut en conclure que dans ce cas la faute doit en être à la *composition* du salant; voyons ce qu'il en est:

Les sulfates sont dans le carré n° 8 à un dosage inférieur de beaucoup à celui qu'ils accusent dans différents autres carrés ayant produit d'excellentes racines. Le nitrate de magnésium également est dans le carré n° 8 à un dosage inférieur à celui d'autres carrés à racines riches en sucre. Mais voici un point remarquable: le carbonate et le chlorure de sodium y sont chacun à un dosage beaucoup plus élevé que dans n'importe lequel de ceux des carrés où la betterave à sucre a bien réussi. Peut-être avons-nous par ce cas-là l'indication de la limite de teneur en carbonate et en chlorure compatible avec une culture avantageuse de la betterave à sucre, laquelle limite serait par conséquent à 3200 livres à l'acre-pied pour chacun de ces deux sels; cependant, il vaut mieux réserver pour l'avenir des appréciations aussi subtiles.

L'extrême richesse en sucre des betteraves récoltées au Rincon-Ranch, sol argileux rougeâtre accusant à l'acre-pied environ 1 700 livres de salant total, ne peut être mise que sur le compte de l'absence presque complète de sel marin, puisque, pour le reste, il n'y a pas de différence essentielle entre ce sol-là et les sols du champ d'expérience de Chino.

En résumé, mettant à part les détails qui ont besoin de plus amples investigations, il appert de tout ce qui précède que des betteraves à sucre de bonne et même de haute qualité — tant pour le sucre que pour la pureté — peuvent parfaitement être récoltées sur des sols contenant jusqu'à 12 000 livres de sels solubles à l'acre pour une épaisseur de 3 pieds, pourvu que le pour-cent du sel marin ne

dépasse pas 0.4 ou 1500 livres à l'acre-pied. Ceci n'est peut-être même pas la limite extrême; ce n'est que le maximum qui a été rencontré dans les expériences exposées dans cet article.

Pour ce qui est du carbonate, la limite de la tolérance de la betterave à sucre pour ce sel n'est guère de première importance à connaître, puisqu'on a toujours le moyen de convertir le carbonate en sulfate par le plâtrage. Toutefois, autant que l'on peut en juger par les expériences de Chino, cette limite serait à proximité de 0.076 p. 100 dans le premier pied, à la fin de la saison sèche, ce qui équivaut à 3000 livres à l'acre-pied et correspondrait probablement à environ 4000 livres dans les trois ou quatre pieds[1]. A en juger par les faits observés à Chino, la *qualité* des betteraves à sucre ne souffrirait pas plus des carbonates qu'elle ne souffre des sulfates; il n'y aurait sous ce rapport aucun rapprochement avec l'effet si nocif des chlorures.

Le maximum de sulfates trouvé dans un point ayant produit de bonnes racines a été de 0.179 p. 100 = 7200 livres dans le premier pied; vu les conditions de saison au moment de l'échantillonnage, ceci correspondrait probablement à 9000 livres pour les trois pieds.

Il a été dit plus haut qu'à la Station de Tulare on n'arrive pas à élever des betteraves bonnes pour la sucrerie; c'est qu'aussi, à Tulare, la salinité totale est en moyenne beaucoup plus élevée et que, en même temps — point essentiel, — le sel marin y constitue pour la plupart près du tiers de la somme des sels solubles. Les sols de Chino sont ainsi beaucoup meilleurs que ceux de Tulare; s'ils ne le paraissaient pas, c'est que, étant lourds, ils accusent, une fois mis en culture, des efflorescences cristallines hors de proportion avec le degré en réalité fort bas de leur salinité; ailleurs, des sols légers, sablonneux, pourraient se trouver en réalité chargés de salant au delà de la limite de tolérance, quoique n'accusant que des efflorescences toutes superficielles et insignifiantes. (Néanmoins, il est probable que les limites réelles même dépendent quelque peu de la texture du sol.)

---

1. Voyez la distribution verticale et les oscillations du salant passant d'une couche dans l'autre selon les dépôts atmosphériques, la saison, etc., dans les *Annales de la science agronomique française et étrangère* pour 1893 et la suite de ces études dans le présent volume.



A Tulare, il n'a pas été trouvé de terrain salant qui eût moins de 12000 à 15000 livres de salant à l'acre dans les quatre pieds; or, autant que le montrent les analyses jusqu'ici faites, la moyenne arithmétique pour le champ d'expérience de Chino devrait être aux alentours de 5500 livres dans le premier pied à la fin de la saison sèche, ce qui devrait correspondre à pas plus de 7500 pour les trois pieds.

Un enseignement d'un ordre plus général se dégage de cette dernière comparaison, à savoir: l'importance de s'assurer du total de sels solubles présents dans la couche de trois à quatre pieds qui alimente la surface en salant; on pourrait le faire le jour où le terrain serait soumis à l'irrigation; cette façon de procéder étant d'autant plus obligatoire que la texture du sol peut parfaitement influencer le phénomène des efflorescences au point de donner à des sols parfaitement aptes à être avantageusement cultivés un aspect que généralement n'offrent que les terrains absolument stériles.

ÉCHANTILLONNAGE

DE

TERRAINS SALANTS

Façon de présenter les résultats de l'analyse

SUITE DES ÉTUDES SUR LES TERRAINS SALANTS DE LA CALIFORNIE

Par MM. E. W. HILGARD et R. H. LOUGHRIDGE

Résumée par J. VILBOUCHEVITCH

D'après le « Report » de la Station pour l'exercice 1894-1895, daté de 1896, p. 37-71.

Le dernier rapport annuel de la Station de Berkeley propose une solution, du moins partielle, de ce problème dont les multiples difficultés ont été exposées en détail dans la division E du 6ᵉ chapitre d'un travail paru dans les *Annales de la science agronomiqne française et étrangère,* année 1893, sous le titre : *De l'Influence du climat sur la formation et la composition des sols, suivi d'un chapitre sur les terrains alcalins*[1], et représentant la traduction annotée d'un livre de M. Hilgard publié la même année. Il est d'un intérêt pratique de porter les nouveaux procédés de M. Hilgard à la connaissance des chimistes français, l'Algérie possédant, sans aucun doute, des terrains en tous points identiques à ceux dont ont eu à s'occuper M. le

1. Avec une bibliographie assez détaillée des différentes questions se rapportant aux terrains salants.



professeur Hilgard et ses collaborateurs; peut-être même y a-t-il des terrains tout pareils aussi dans le midi de la France; M. Lagatu, à Montpellier, et M. Gastine, à Marseille, ont fait, à ma connaissance, à ce sujet des comparaisons en se servant d'un procédé d'études analogue à celui de M. Hilgard; ils devraient aujourd'hui être en état de confirmer la supposition que je viens de rappeler ou de la récuser, ce qui m'étonnerait bien.

Quoi qu'il en soit à cet égard, le résultat auquel M. Hilgard est arrivé pour les cas qu'il a examinés, lui, selon sa propre appréciation, que je cite d'après une lettre datée de juin 1896, se résume dans la conclusion que voici: *En prélevant, pour échantillon, une colonne de terre d'une certaine hauteur pratiquement réalisable et en établissant la quantité de salant contenue dans l'ensemble de l'épaisseur envisagée, l'on connaît, dans la règle, la presque totalité du salant capable de monter un jour à la surface; l'épaisseur à considérer pouvant varier d'un pays à l'autre, ce n'est pas en tant pour cent, mais plutôt en tant et tant de kilogrammes à l'hectare ou de livres à l'acre qu'il faut exprimer la salinité des terrains pour pouvoir les comparer entre eux et pour pouvoir en apprécier, sur les données de l'analyse chimique, la valeur agricole.*

Dans le cas des champs d'expériences de Tulare et de Chino dont s'est occupée plus particulièrement la Station de Berkeley, c'est jusqu'à 4 pieds anglais de profondeur qu'il a fallu descendre pour épuiser la provision de salant susceptible de réagir sur la couche arable; dans d'autres régions, l'épaisseur des couches du sol et du sous-sol alimentant la couche arable en sels pourrait se trouver être supérieure ou inférieure à ce qu'elle est à Tulare et à Chino; cela ne devrait guère, il nous semble, rendre la comparaison illusoire; en effet, du moment que l'on sait que la couche arable de telle parcelle de terrain est alimentée par un stock de chlorures à raison de 20000 kilogr. à l'hectare et celle de telle autre par un stock de chlorures à raison de 40000 kilogr. à l'hectare, ne peut-il pas nous être à peu près indifférent de savoir que, dans le premier cas, il s'agit d'une couche de 4 pieds d'épaisseur, et dans le second cas, d'une couche de 4 pieds et demi ou de 3 pieds? Bien entendu, à condition que le premier chiffre aussi bien que le second épuisent les chances

pratiques d'endommagement des cultures par le salant et n'aillent pas au delà des limites réelles des phénomènes observés dans la conjoncture la plus extrême de circonstances aggravantes du côté de l'état atmosphérique, de l'irrigation, du genre d'exploitation agricole, etc., etc.

L'essentiel est donc de reconnaître l'épaisseur de cette couche, dont le salant influence le sol arable; dans les terrains salants continentaux, tels que les « alkali soils » de la Californie, dont la salinité n'est que le résultat de l'accumulation sur place, multiséculaire, des produits d'effleurissement du sol même, cette épaisseur se trouve forcément en rapport avec la profondeur maxima de pénétration des pluies.

Ainsi, dans le comté de Tulare et dans la partie septentrionale du comté de Kern, les pluies hivernales ne mouillent le sol que rarement à plus de 3 pieds anglais de profondeur; à la fin de la saison pluvieuse, le gros du stock de salant circulant dans le sol se trouve ramené à cet horizon, la couche arable en étant à peu près débarrassée; pendant la saison sèche, le salant remonte dans la couche arable avec d'autant plus d'intensité que la surface du sol évapore plus d'eau; dans des conditions particulièrement défavorables, on finit par avoir le gros du stock de salant à proximité même de la surface et le minimum là même où précédemment était le maximum, c'est-à-dire à ce niveau de 3 pieds au-dessous de la surface qui logeait la presque totalité du salant avant que le jeu de la capillarité et de l'évaporation superficielle eût renversé l'ordre des choses.

Dans le cas du « salant noir », « black alkali » des Américains, c'est-à-dire de salant plus ou moins chargé de carbonates alcalins, à cet horizon limite le sous-sol présente un caractère physique très particulier qui permet de le reconnaître à première vue; le chimiste se trouve ainsi, du coup, renseigné sur la profondeur jusqu'à laquelle il faut qu'il prenne son échantillon: l'on se trouve, en effet, en présence d'une espèce de planche de tuf cimenté par du calcaire et du carbonate de soude, dure, résistante, totalement imperméable, à peine perforable au moyen de la sonde; c'est ce que les gens du pays appellent le « hardpan ». (Pour les détails, voyez le travail de 1893, cité plus haut.)

Dans le courant des dernières années, M. Hilgard a fait faire de nombreuses analyses de quelques-uns des terrains salants des Stations de Tulare et de Chino, dans le but d'approfondir ces phénomènes d'oscillation verticale du salant et aussi les variations de sa constitution centésimale au même endroit, d'une époque à l'autre. Nous allons, dans ce qui suit, présenter une partie des renseignements fort variés que contient le compte rendu de ces expériences et reproduire quelques-uns des tableaux y joints et ceux des diagrammes (profils) qui nous ont paru les plus démonstratifs; cela suffira pour donner un exemple du plan de recherche poursuivi, de la façon adoptée pour présenter les résultats et de la manière de les interpréter.

Et d'abord, un petit nombre de remarques introductrices :

Les endroits choisis furent échantillonnés chacun à plusieurs époques différentes de l'année; les échantillons, dans chaque cas, prélevés par séries de 16 pour chaque forage de 4 pieds de profondeur; l'analyse faite à part pour chacune des 16 couches successives de 3 pouces qu'il faut pour constituer une colonne verticale de 4 pieds.

Les résultats sont donnés, pour la plupart, à la fois en tableaux ordinaires (1° en tant pour 100 du sol; 2° en tant pour 100 de la somme des sels solubles constituant « le salant »; 3° en livres à l'acre) et en diagrammes ou « profils » qui permettent d'embrasser d'un coup d'œil une foule de détails et facilitent énormément l'intelligence du cas soumis à l'examen; il serait à souhaiter que dorénavant tous les comptes rendus d'analyse de terrains salants soient accompagnés de pareilles représentations graphiques. Les diagrammes de MM. Hilgard et Loughridge comportent les chiffres obtenus pour : le chlorure de sodium; le carbonate de sodium; la somme de sels solubles, autrement dit « le salant » considéré comme un tout réuni.

Le nitrate de sodium n'est porté sur le diagramme que lorsqu'il se présente en quantités de quelque importance; l'acide phosphorique soluble, qui ne manque jamais dans le « salant noir », n'est pas porté du tout; les différents sels de potassium qui, dans la règle, constituent de 3 à 7 p. 100 de la totalité du « salant », sont additionnés au sulfate de sodium et la somme est représentée par la courbe intitulée : « sulfates d'alcalis ».

L'échelle verticale (l'ordonnée) est divisée en portions figurant chacune 3 pouces anglais; dans l'échelle horizontale (abscisse), chaque division correspond à 0.02 p. 100 du poids du sol.

La traduction en livres à l'acre a été faite en calculant sur la base de 4 000 000 de livres l'« acre-foot », c'est-à-dire en estimant à 4 000 000 de livres le poids d'une couche de sol grande d'une acre et épaisse d'un pied ; à 16 000 000 de livres celui d'une couche pareille, mais épaisse de 4 pieds ; ces chiffres ont été déduits par MM. Hilgard et Loughridge de pesées de l'« alkali hardpan » dont il a été question plus haut et qui, en moyenne, pèse 4 500 000 livres l'acre-foot à l'état naturel (compact) et 3 500 000 à 3 600 000 lorsqu'il a été artificiellement réduit en poudre et qu'il foisonne.

Traduction des inscriptions anglaises des diagrammes.

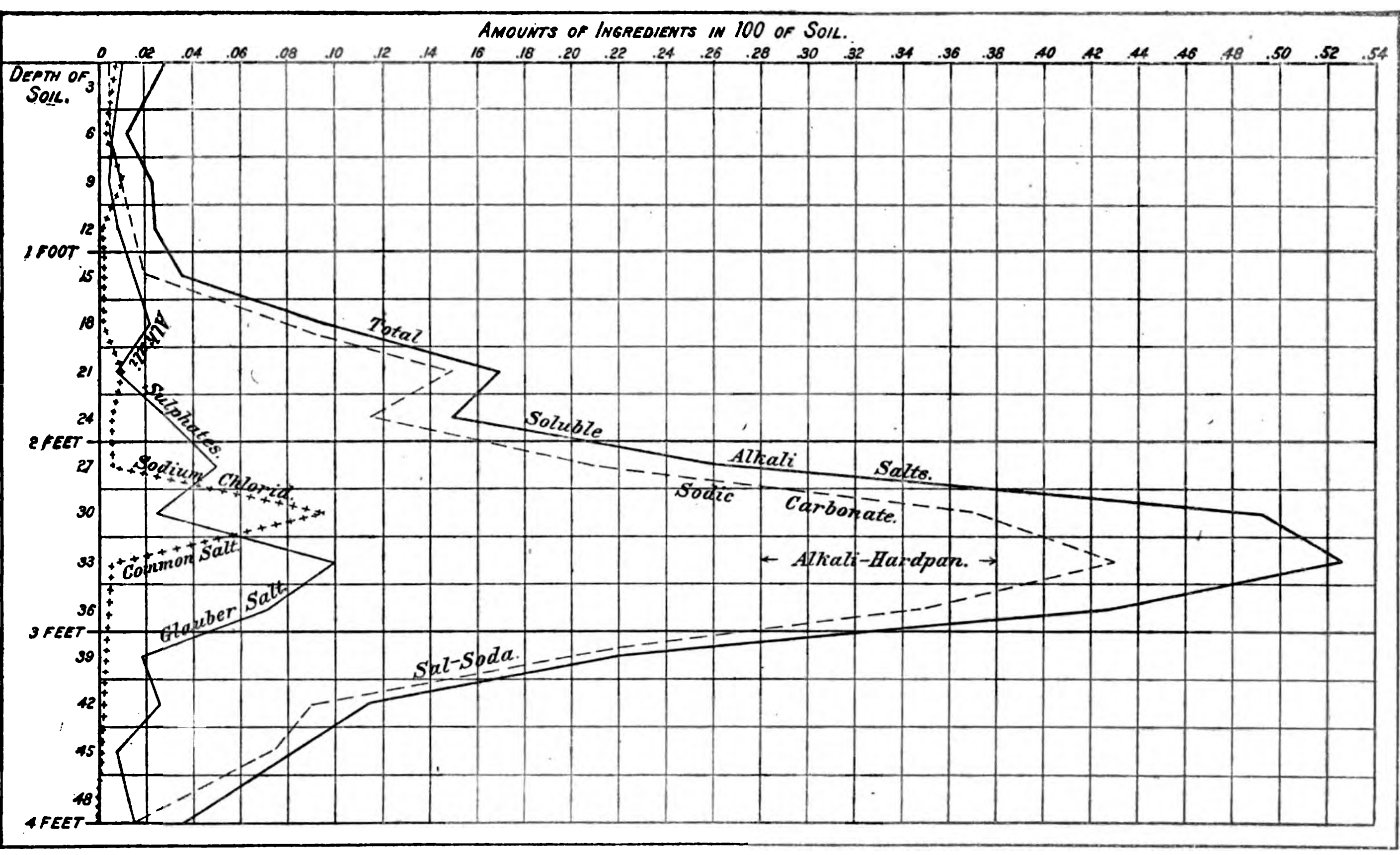
Amounts of ingredients in 100 of soil. .	Dosages des ingrédients en p. 100 du sol.
Depth of soil column	Profondeur de la colonne de terre.
First, second, third, fourth foot	Premier, second, troisième, quatrième pied.
Total soluble alkali salts	« Salant, » au total.
Sal-soda ou Sodie carbonate.	Carbonate de soude.
Glauber salt ou Alkali sulphates	Sulfates d'alcalis (sel de Glauber).
Common salt ou Sodium chlorid	Chlorure do sodium.
Alkali hardpan	A été expliqué dans le texte.
Amounts continued	Suite du diagramme.

Rapport des mesures américaines avec les mesures métriques.

1 pied.	=	0^{m},3048
1 pouce	=	0^{m},0254
1 livre.	=	0^{kg},4536
1 acre.	=	0^{ha},4047
1 tonne	=	1,016 kilogr.
Livres à l'acre-pied[1]	=	1,233 mètres cubes.

1. L'acre-pied est le volume de terre correspondant à la surface de 40^{a},47 multipliés par la hauteur du pied 0^{m},3048.

Diagramme n° 1.



Dosages globaux et composition du salant aux différentes profondeurs dans un terrain salant de la Station de Tulare, non irrigué.
Mars et mai 1895.

Série n° 1, correspondant au diagramme n° 1. — La couche de 0 au 12e pouce inclusivement a été prélevée en mars, la végétation étant verte et fraîche ; le reste en mai, la végétation étant desséchée et en partie disparue. La couche comprise entre les traits 9 et 12 ayant été échantillonnée aux deux époques, nous attirons l'attention du lecteur sur la comparaison tout à fait instructive des deux séries de chiffres se rapportant à cette couche.

HORIZON des ÉCHANTILLONS.	POUR 100 DU SOL.					COMPOSITION CENTÉSIMALE DU SALANT.				LIVRES A L'ACRE.					
	Total des sels d'alcalis solubles.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Total.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.
De 0 au 3e pouce inclusivement	.022	.010	.005	.006	.001	45.5	22.7	27.2	4.6	220	100	50	60	10
Du 3e au 6e —	.013	.006	.004	.002	.001	46.1	30.7	15.4	7.8	130	60	40	20	10
Du 6e au 9e —	.022	.005	.008	.009	»	22.7	31.8	45.5	»	220	50	80	90	»
Du 9e au 12e —	.024	.016	.006	.002	»	66.7	25.0	8.3	»	240	160	60	20	»
Du 9e au 12e — *	.024	.009	.014	»	.001	37.5	58.3	»	4.2	240	90	150	»	»
Moyenne pour le 1er pied	*.020*	*.009*	*.006*	*.005*	»	*45.8*	*27.5*	*24.1*	*3.1*	*810*	*370*	*230*	*190*	*20*
Du 12e au 15e pouce inclusivement	.035	.016	.017	.002	»	45.7	48.6	5.7	»	350	160	170	20	»
Du 15e au 18e —	.095	.021	.074	»	»	22.1	77.9	»	»	950	210	740	»	»
Du 18e au 21e —	.169	.009	.148	.012	»	5.3	87.5	7.2	»	1,690	90	1,480	120	»
Du 21e au 24e —	.147	.027	.115	.005	»	18.3	78.2	3.5	»	1,470	270	1,150	50	»
Moyenne pour le 2e pied	*.112*	*.018*	*.089*	*.005*	»	*22.9*	*78.0*	*4.1*	»	*4,460*	*730*	*4,140*	*190*	»
Alkali Hardpan. Du 24e au 27e pouce inclusivement	.262	.050	.206	.006	»	19.1	78.6	2.3	»	2,620	500	2,060	60	»
Alkali Hardpan. Du 27e au 30e —	.491	.025	.373	.093	»	5.2	75.9	18.9	»	4,910	250	3,730	930	»
Alkali Hardpan. Du 30e au 33e —	.529	.100	.424	.005	»	18.9	80.1	1.0	»	5,290	1,000	4,240	50	»
Alkali Hardpan. Du 33e au 36e —	.426	.070	.356	Trace.	»	16.9	83.1	»	»	4,260	700	3,560	»	»
Alkali Hardpan. *Moyenne pour le 3e pied*	*.427*	*.061*	*.340*	*.026*	»	*15.0*	*79.5*	*5.5*	»	*17,080*	*2,450*	*13,590*	*1,040*	»
Du 36e au 39e pouce inclusivement	.224	.018	.204	.002	»	8.0	91.0	1.0	»	2,240	180	2,040	20	»
Du 39e au 42e —	.114	.026	.088	»	»	22.9	77.1	»	»	1,140	260	880	»	»
Du 42e au 45e —	.081	.005	.076	»	»	6.2	93.8	»	»	810	50	760	»	»
Du 45e au 48e —	.049	.013	.036	»	»	26.5	73.5	»	»	490	130	360	»	»
Moyenne pour le 4e pied	*.117*	*.016*	*.101*	»	»	*15.9*	*88.9*	*.2*	»	*4,680*	*620*	*4,040*	*20*	»
Moyenne pour les quatre pieds	*.169*	*.026*	*.134*	*.009*	Trace.	*15.4*	*78.7*	*5.9*	»	*27,030*	*4,170*	*22,000*	*1,420*	*20*

* Ces échantillons et tout ce qui suit ont été pris en mai.

Échantillonnage par couches de 12 pouces fait en mars.

1er pied	.021	.009	.006	.005	.001	45.2	27.5	24.2	3.1	810	360	210	200	40
2e pied	.108	019	.084	.004	.001	17.6	77.8	3.7	0.9	4,320	760	3,360	160	40
3e pied	.240	.038	.198	.009	»	15 8	80.4	3.8	»	9,600	1,420	7,720	360	»
4e pied	.117	»	»	»	»	»	»	»	»	4,680	620	4,040	20	»

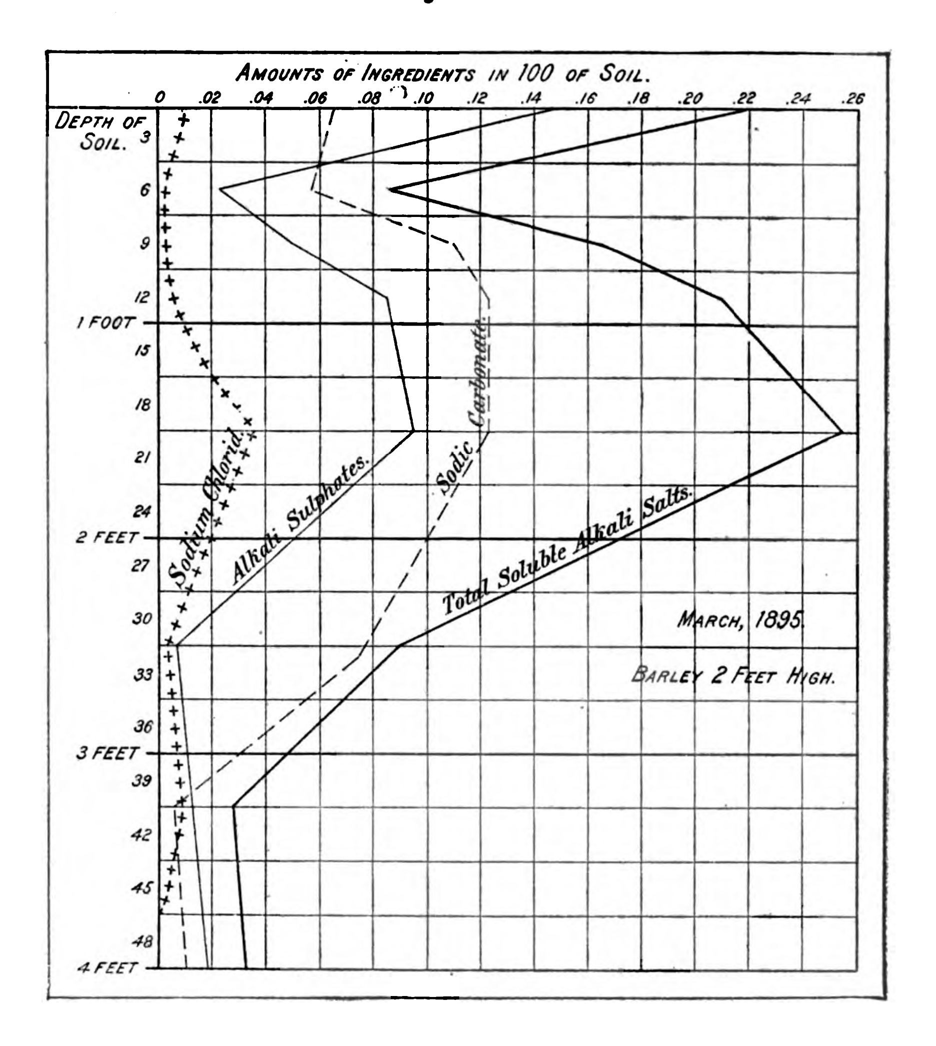
Série n° 1 *a*. — Terrain salant non irrigué; le même que celui de la série n° 1 et du diagramme n° 1, mais échantillonné le 30 août 1895; le forage a été fait à une dizaine de pieds de celui qui, fait en mai 1895, a contribué à l'établissement du diagramme n° 1. — Un diagramme que l'on dresserait avec les données du présent tableau 1 *a* ressemblerait beaucoup au diagramme n° 1, avec cette différence seulement que les courbes apparaîtraient plus régulières, moins accidentées; le coude que fait la courbe du « salant total » dans la 2e moitié du 2e pied aurait disparu complètement et celui que fait, au même niveau, la courbe du carbonate — presque entièrement; la courbe du sel marin s'étirerait presque en une ligne verticale, avec un maximum égal à 0.03 p. 100 dans le 4e quart du 3e pied; les accidents de la courbe des sulfates s'aplaniraient aussi très notablement, en même temps que le maximum de cette courbe atteindrait 0.11 p. 100, tout en remontant du 3e quart dans le 2e quart du 3e pied. Voici les chiffres se rapportant à cette série 1 *a* :

HORIZON des ÉCHANTILLONS.	POUR 100 DU SOL.					COMPOSITION CENTÉSIMALE DU SALANT.				LIVRES A L'ACRE.				
	Total des sels d'alcalis solubles.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Total.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.
De 0 au 3e pouce inclusivement	.026	.013	.008	»	.005	50.0	30.8	»	19.2	260	130	80	»	50
Du 3e au 6e —	.016	.012	.004	»	»	75.0	25.0	»	»	160	120	40	»	»
Du 6e au 9e —	.020	.014	.006	»	»	70.0	30.0	»	»	200	140	60	»	»
Du 9e au 12e —	.024	.013	.009	.002	»	54.1	37.5	8.4	»	240	130	90	20	»
Moyenne pour le 1er pied	*.022*	*.013*	*.006*	»	*.001*	*59.1*	*27.4*	*4.9*	*9.1*	*860*	*520*	*270*	*20*	*50*
Alkali Hardpan. Du 12e au 15e pouce inclusivement	.054	.004	.038	.012	»	5.6	72.2	22.2	»	540	40	380	120	»
Alkali Hardpan. Du 15e au 18e —	.117	.017	.100	»	»	14.5	85.5	»	»	1,170	170	1,190	»	»
Alkali Hardpan. Du 18e au 21e —	.197	.025	.170	.002	»	12.7	86.3	1.0	»	1,970	250	1,700	20	»
Alkali Hardpan. Du 21e au 24e —	.248	.060	.182	.006	»	24.2	73.4	2.4	»	2,480	600	1,820	60	»
Moyenne pour le 2e pied	*.154*	*.027*	*.122*	*.005*	»	*17.5*	*79.2*	*3.3*	»	*6,160*	*1,060*	*5,000*	*200*	»
Du 24e au 27e pouce inclusivement	.320	.082	.229	.009	»	25.6	71.5	2.9	»	3,200	820	2,290	90	»
Du 27e au 30e —	.461	.115	.335	.011	»	24.9	72.6	2.5	»	4,610	115	3,350	110	»
Du 30e au 33e —	.512	.087	.411	.014	»	16.9	80.2	2.9	»	5,120	870	4,110	140	»
Du 33e au 36e —	.300	.054	.217	.029	»	18.0	72.3	9.7	»	3,000	540	2,170	290	»
Moyenne pour le 3e pied	*.398*	*.084*	*.298*	*.016*	»	*21.1*	*74.9*	*4.0*	»	*15,930*	*2,845*	*11,920*	*630*	»
Du 36e au 39e pouce inclusivement	.110	.022	.085	.003	»	20.0	77.2	2.8	»	1,100	220	850	30	»
Du 39e au 42e —	.068	.012	.053	.003	»	17.6	77.9	4.5	»	680	120	530	30	»
Du 42e au 45e —	.045	.007	.032	.006	»	15.5	71.1	13.4	»	450	70	320	60	»
Du 45e au 48e —	.024	.005	.017	.002	»	20.8	70.8	8.4	»	240	50	170	20	»
Moyenne pour le 4e pied	*.062*	*.012*	*.047*	*.003*	»	*19.3*	*75.8*	*4.9*	»	*2,470*	*460*	*1,870*	*140*	»
Moyenne pour les quatre pieds	*.159*	*.034*	*.119*	*.006*	»	*21.3*	*74.8*	*3.9*	»	*25,420*	*4,335*	*19,060*	*990*	*50*

Série n° 2 *a*. — Ayant servi à l'établissement du diagramme 2 *a*.

HORIZON de CHAQUE ÉCHANTILLON.	POUR 100 DU SOL.				POUR 100 DU MÉLANGE SALIN SOLUBLE.			LIVRES A L'ACRE.			
	Total des sels d'alcalis.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium	Total.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.
De 0 à 3 pouces	.178	.105	.064	.009	58.9	35.9	5.2	1 780	1 050	640	90
De 3 à 6 —	.085	.022	.059	.001	25.8	69.4	4.8	850	220	590	40
De 6 à 9 —	.163	.049	.110	.004	28.4	67.4	4.2	1 630	490	1 100	40
De 9 à 12 —	.210	0.83	.123	.004	39.5	58.6	1.9	2 100	830	1 230	40
Moyenne pour le 1er pied .	*.159*	*.065*	*.089*	*.005*	*40.9*	*56.0*	*3.1*	*6 360*	*2 590*	*3 560*	*210*
Moyenne pour le 2e pied .	*.256*	*.096*	*.123*	*.037*	*37.5*	*48.0*	*14.5*	*10 240*	*3 840*	*4 920*	*1 480*
Moyenne pour le 3e pied .	*.088*	*.007*	*.076*	*.005*	*7.9*	*86.3*	*5.8*	*3 520*	*280*	*3 040*	*20*
Du 36e au 42e pouce . . .	.025	.012	.006	.007	48.0	25.0	27.0	500	240	120	140
Du 42e au 48e — . . .	.029	.018	.009	.002	58.5	39.1	10.4	580	360	180	40
Moyenne pour le 4e pied .	*.027*	*.015*	*.008*	*.004*	*55.5*	*29.6*	*14.9*	*1 080*	*600*	*300*	*180*
Moyenne pour les 4 pieds .	*.133*	*.046*	*.074*	*.013*	*34.5*	*55.6*	*9.9*	*21 200*	*7 310*	*11 820*	*1 890*

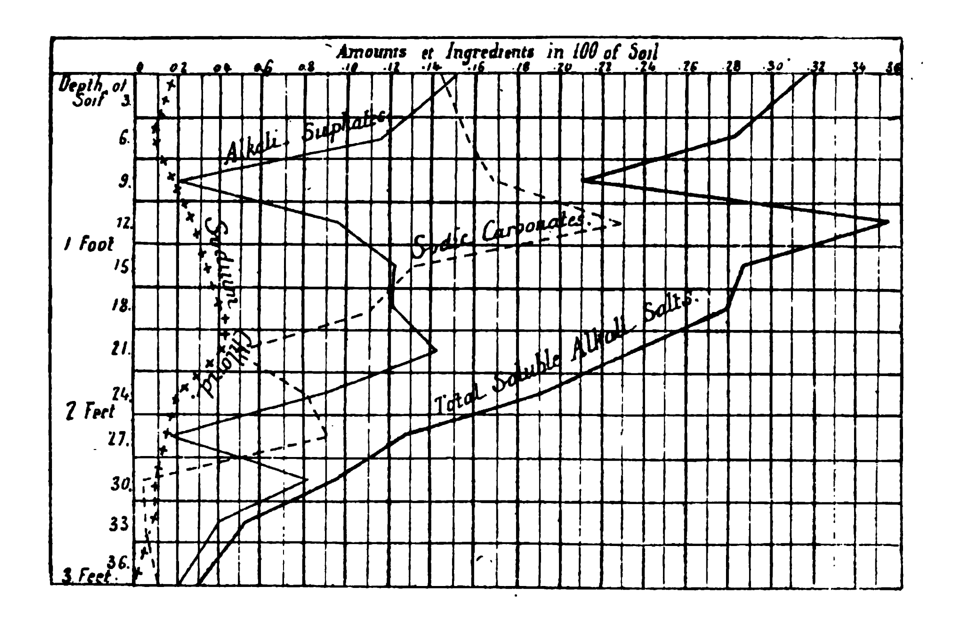
Diagramme 2 a.



Série n° 2 *b*. — Ayant servi à l'établissement du diagramme 2 *b*.

HORIZON de CHAQUE ÉCHANTILLON.	POUR 100 DU SOL. Total des sels d'alcalis	Sulfates d'alcalis	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	COMPOSITION CENTÉSIMALE DU SALANT. Sulfates d'alcalis	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	LIVRES A L'ACRE. Total.	Sulfates d'alcalis	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.
De 0 au 3e pouce inclusivement	.308	.141	.148	.016	46.2	48.5	5.3	3 080	1 410	1 480	160
Du 3e au 6e —	.282	.117	.156	.009	41.4	55.3	3.3	2 820	1 170	1 560	90
Du 6e au 9e —	.210	.021	.170	.019	10.0	80.9	9.1	2 100	210	1 710	190
Du 9e au 12e —	.253	.096	.229	.028	27.2	64.8	8.0	3 530	960	2 290	280
Moyenne pour le 1er pied	*.288*	*.094*	*.176*	*.018*	*32.6*	*61.1*	*6.3*	*11 530*	*3 750*	*7 040*	*720*
Du 12e au 15e pouce inclusivement	.286	.122	.131	.033	42.7	45.8	11.5	2 860	1 220	1 310	330
Du 15e au 18e —	.278	.121	.115	.042	43.5	41.4	15.1	2 780	1 210	1 150	420
Du 18e au 21e —	.233	.142	.049	.042	60.9	21.0	18.1	2 330	1 420	490	420
Du 21e au 24e —	.188	.088	.081	.019	46.8	43.0	10.2	1 880	880	810	190
Moyenne pour le 2e pied	*.246*	*.118*	*.094*	*.034*	*47.9*	*38.2*	*13.9*	*9 850*	*4 730*	*3 760*	*1 360*
Du 24e au 27e pouce inclusivement	.126	.017	.090	.019	13.5	71.4	15.1	1 260	170	900	190
Du 27e au 30e —	.095	.082	.004	.009	86.3	4.2	9.5	950	820	40	90
Du 30e au 33e —	.052	.038	.004	.009	73.0	7.6	19.4	520	380	40	90
Du 33e au 36e —	.036	.027	.009	»	75.0	25.0	»	360	270	90	»
Moyenne pour le 3e pied	*.077*	*.041*	*.027*	*.009*	*53.2*	*35.0*	*11 8*	*3 090*	*1 640*	*1 070*	*370*
Moyenne pour les trois pieds	*.152*	*.063*	*.074*	*.015*	*41.4*	*48.7*	*9.9*	*24 470*	*10 120*	*11 870*	*2 450*

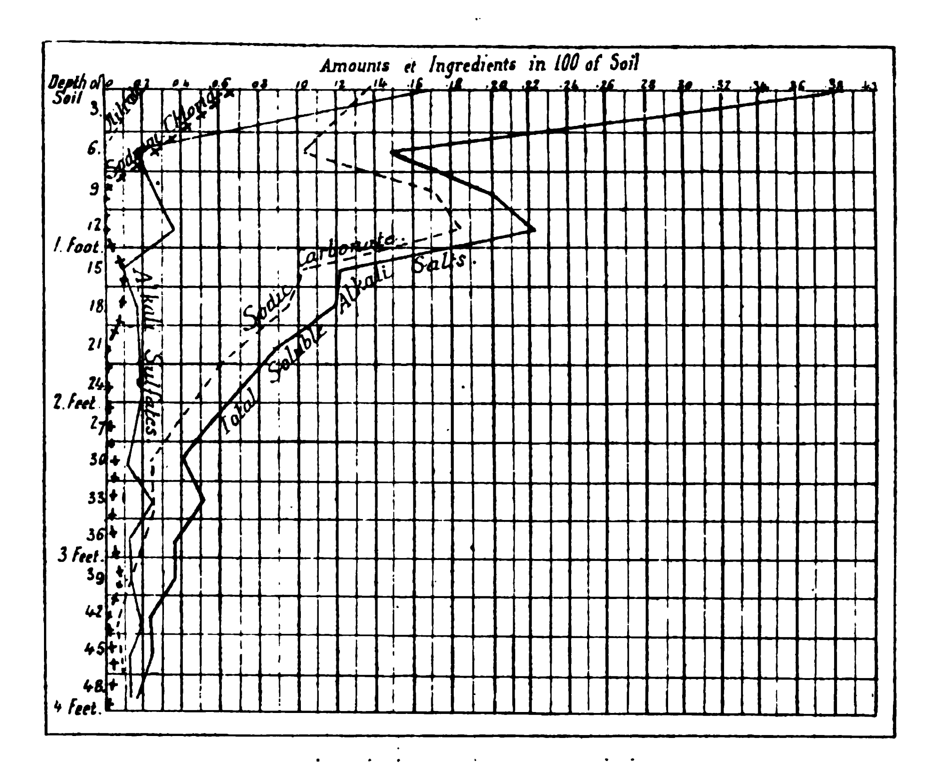
Diagramme 2 b.



Série n° 2 *c*. — Ayant servi à dresser le diagramme 2 *c*.

HORIZON des ÉCHANTILLONS.	POUR 100 DU SOL.					COMPOSITION CENTÉSIMALE.				LIVRES A L'ACRE.				
	Total des sels solubles d'alcalis.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Total.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.
De 0 au 3e pouce inclusivement . . .	.303	.116	.123	.055	.009	38.2	40.6	18.1	3.1	3 030	1 160	1 230	550	90
Du 3e au 6e — . . .	.145	.015	.102	.028	»	10.4	70.3	19.3	»	1 450	150	1 020	280	»
Du 6e au 9e — . . .	.198	.026	.170	.002	»	13.1	85.8	1.1	»	1 980	260	1 700	20	»
Du 9e au 12e — . . .	.220	.036	.184	»	»	16.4	83.6	»	»	2 200	360	1 840	»	»
Moyenne pour le 1er pied	*.216*	*.048*	*.145*	*.021*	*.002*	*22.2*	*67.1*	*10.1*	*0.6*	*8 660*	*1 930*	*5 790*	*850*	*90*
Du 12e au 15e pouce inclusivement. . .	.120	.008	.102	.010	»	6.6	85.0	8.4	»	1 200	80	1 020	100	»
Du 15e au 18e — . . .	.117	.015	.093	.009	»	12.8	79.5	7.7	»	1 170	150	930	90	»
Du 18e au 21e — . . .	.087	.017	.068	.002	»	19.4	78.1	2.5	»	870	170	680	20	»
Du 21e au 24e — . . .	.071	.020	.051	»	»	28.1	17.9	»	»	710	200	510	»	»
Moyenne pour le 2e pied	*.099*	*.015*	*.079*	*.005*	»	*15.1*	*79.7*	*5.2*	»	*3 950*	*600*	*3 140*	*210*	»
Du 24e au 27e pouce inclusivement. . .	.051	.013	.038	»	»	25.5	74.5	»	»	510	130	380	»	»
Du 27e au 30e — . . .	.038	.010	.023	.005	»	26.3	60.5	13.2	»	380	100	230	50	»
Du 30e au 33e — . . .	.049	.022	.025	.002	»	44.9	51.0	4.1	»	490	220	250	20	»
Du 33e au 36e — . . .	.035	.012	.019	.004	»	34.3	54.3	11.4	»	350	120	190	40	»
Moyenne pour le 3e pied	*.043*	*.014*	*.026*	*.003*	»	*32.5*	*60.4*	*7.1*	»	*1 730*	*570*	*1 050*	*110*	»
Du 36e au 39e pouce inclusivement. . .	.035	.014	.013	.008	»	40.0	37.1	22.9	»	350	140	130	80	»
Du 39e au 42e — . . .	.023	.017	.006	»	»	73.9	26.1	»	»	230	170	60	»	»
Du 42e au 45e — . . .	.023	.011	.008	.004	»	47.4	34.8	17.8	»	230	110	80	40	»
Du 45e au 48e — . . .	.016	.012	.002	.002	»	75.0	12.5	12.5	»	160	120	20	20	»
Moyenne pour le 4e pied	*.024*	*.013*	*.007*	*.004*	»	*54.1*	*29.1*	*16.8*	»	*970*	*540*	*290*	*140*	»
Moyenne pour les quatre pieds. . . .	*.095*	*.023*	*.064*	*.008*	*trace.*	*24.2*	*67.4*	*8.4*	»	*15 310*	*3 640*	*10 270*	*1 310*	*90*

Diagramme 2 c.

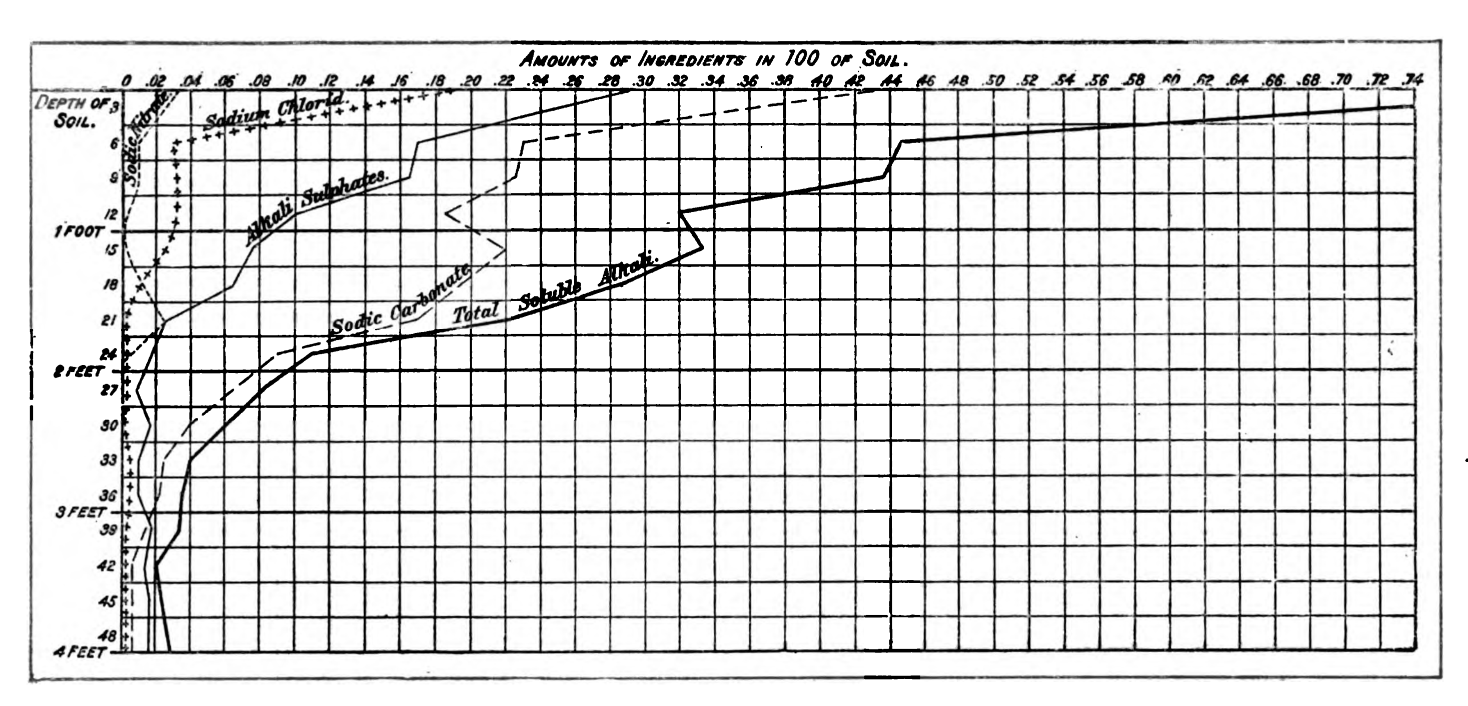


Les diagrammes 2 *a*, 2 *b* et 2 *c* représentent la distribution verticale du salant dans un seul et même terrain, partiellement amendé par le plâtrage, et qui a produit de l'orge haute de 4 pieds ; les 3 torages sont à quelques pieds seulement de distance les uns des autres ; les différences dans la distribution du salant ne sont dues essentiellement qu'à la différence des conditions au moment du prélèvement : 2 *a*, ayant été échantillonné le 31 mars (l'orge était haute de 2 pieds) ; 2 *b*, quelques jours après, en mai, le terrain ayant reçu tout récemment, par le fait d'une pluie, 0,9 d'un pouce d'eau ; enfin 2 *c* le 21 septembre, après 5 mois de sécheresse.

Série n° 3. — Chiffres ayant servi à l'établissement du diagramme n° 3.

HORIZON des ÉCHANTILLONS.	POUR 100 DU SOL.					COMPOSITION CENTÉSIMALE DU SALANT.				LIVRES A L'ACRE.				
	Total des sels d'alcalis solubles.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Total.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.
0 à 3 pouces. . . .	.773	.251	.351	.144	.027	32.4	45.4	18.6	3.6	7 730	2 510	3 510	1 440	270
3 à 6 pouces. . . .	.449	.170	.233	.035	.011	37.8	51.8	7.8	2.6	4 490	1 700	2 330	350	110
6 à 9 pouces. . . .	.436	.164	.225	.037	.010	37.6	51.6	8.4	2.4	4 360	1 640	2 250	370	100
9 à 12 pouces	.318	.099	.184	.033	.002	31.1	57.8	10.3	.8	3 180	990	1 840	330	20
Moyenne p. le 1er pied.	*.494*	*.171*	*.248*	*.062*	*.013*	*34.6*	*50.2*	*12.5*	*2.9*	*19 800*	*6 840*	*9 930*	*2 490*	*500*
12 à 15 pouces. . . .	.332	.076	.229	.027	»	22.9	68.9	8.2	»	3 320	760	2 290	270	»
15 à 18 pouces. . . .	.286	.065	.199	.014	.008	22.8	69.5	4.9	2.8	2 860	650	1 990	140	80
18 à 21 pouces. . . .	.223	.026	.170	trace.	.027	11.6	76.2	»	12.2	2 230	260	1 700	»	270
21 à 24 pouces. . . .	.109	.016	.093	trace.	»	14.7	85.3	»	»	1 090	160	930	»	»
Moyenne p. le 2e pied.	*.238*	*.046*	*.173*	*.010*	*.009*	*19.7*	*72.6*	*4.2*	*3.5*	*9 500*	*1 830*	*6 910*	*410*	*350*
24 à 27 pouces. . . .	.080	.007	.068	.005	»	8.7	85.0	6.3	»	800	70	680	50	»
27 à 30 pouces. . . .	.058	.018	.040	trace.	»	31.1	68.9	»	»	580	180	400	»	»
30 à 33 pouces . . .	.040	.010	.025	.005	»	25.0	62.5	12.5	»	400	100	250	50	»
33 à 36 pouces. . . .	.036	.010	.021	.005	»	37.2	58.3	14.5	»	360	100	210	50	»
Moyenne p. le 3e pied.	*.054*	*.011*	*.039*	*.004*	»	*20.3*	*72.2*	*7.5*	»	*2 140*	*450*	*1 540*	*150*	»
36 à 39 pouces. . . .	.034	.019	.013	.002	»	55.8	38.2	6.0	»	340	190	130	20	»
39 à 42 pouces. . . .	.019	.013	.004	.002	»	68.4	21.0	11.0	»	190	130	40	20	»
42 à 45 pouces. . . .	.023	.017	.004	.002	»	73.8	17.3	8.9	»	230	170	40	20	»
45 à 48 pouces. . . .	.027	.018	.002	.007	»	62.9	11.2	25.9	»	270	180	20	70	»
Moyenne p. le 4e pied.	*.026*	*.017*	*.006*	*.003*	»	*65.4*	*23.0*	*11.4*	»	*1 030*	*670*	*230*	*130*	»
Moyenne p. les 4 pieds.	*.203*	*.061*	*.117*	*.020*	*.005*	*30.0*	*57.6*	*9.8*	*2.6*	*32 470*	*9 790*	*18 610*	*3 180*	*850*

Diagramme n° 3.



Terrain salant irrigué, stérile ; à dix pieds plus loin, orge haute de 4 pieds. Échantillonné le 3 mai 1895.
Si on prolongeait la courbe du « salant total » jusqu'à la surface du sol, elle arriverait à un maximum (théorique, bien entendu) de 0 90 p. 100.

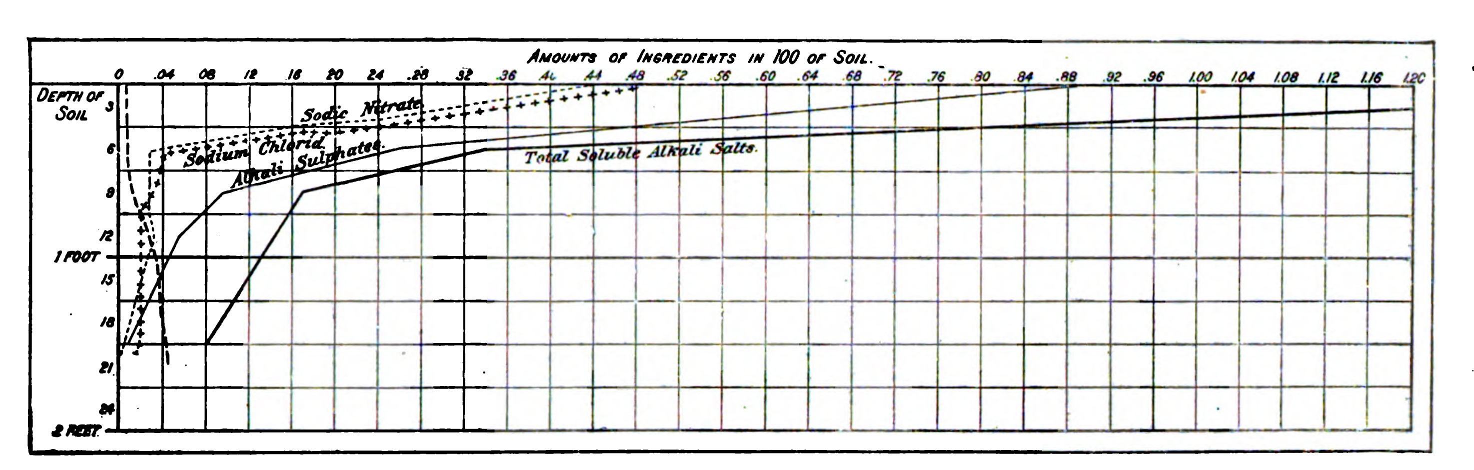
Série n° 4 *a*. — Répond au diagramme 4 *a*.

HORIZON de chaque échantillon.	POUR 100 DU SOL. Total des sels d'alcalis.	Sulfate de potassium.	Sulfate de sodium.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	POUR 100 DU MÉLANGE SALIN SOLUBLE. Sulfate de potassium.	Sulfate de sodium.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	LIVRES A L'ACRE. Total.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.
De 0 à 3 pouces	2.358	0.005	1.416	0.074	0.739	0 124	0.2	60.1	3.7	31.3	5.3	23 580	14 210	740	7 390	1 240
De 3 à 6 —	0.398	0.009	0.150	0.106	0.099	0.034	2.8	37.6	26.2	24.9	8.5	3 980	1 590	1 060	990	840
De 6 à 9 —	0.274	0.005	0.106	0.098	0.044	0.021	2.1	38.6	35.7	16.0	7.6	2 740	1 100	980	440	210
De 9 à 12 —	0.328	0.004	0.145	0.098	0.060	0.021	1.3	44.2	29.8	18.3	6.4	3 280	1 490	980	600	210
Moyenne pour le 1er pied.	*0.840*	*0.006*	*0.454*	*0.094*	*0.286*	*0.050*	*0.8*	*54.0*	*11.2*	*28.1*	*5.9*	*33 580*	*18 390*	*3 760*	*9 420*	*2 000*
Moyenne pour le 2e pied .	*0.252*	*0.003*	*0.088*	*0.192*	*0.009*	*0.010*	*1:2*	*15.1*	*76 2*	*3.6*	*8.9*	*10 080*	*1 640*	*7 680*	*360*	*400*
Moyenne pour les 2 pieds.	*0.546*	*0.005*	*0.246*	*0.143*	*0.122*	*0.030*	*1.1*	*45.0*	*26.1*	*22.3*	*5.5*	*43 660*	*20 080*	*11 440*	*9 780*	*2 400*

Série 4 *b*. — Répond au diagramme 4 *b*.

HORIZON de chaque échantillon.	POUR 100 DU SOL. Total des sels d'alcalis.	Sulfate de potassium.	Sulfate de sodium.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	POUR 100 DU MÉLANGE SALIN SOLUBLE. Sulfate de potassium.	Sulfate de sodium.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	LIVRES A L'ACRE. Total.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.
De 0 à pouces	1.381	0.094	0.600	0.008	0.350	0.329	6.8	43.4	0.7	25.3	23.8	13 810	6 490	80	3 500	3 290
De 3 à 6 —	0.354	0.015	0.247	0.008	0.046	0.038	4.2	69.7	2.5	12.9	10.7	3 540	2 520	80	460	380
De 6 à 9 — . . .	0.174	0.004	0.093	0.011	0.035	0.031	3.0	52.8	6.3	20.1	17.8	1 740	970	110	350	310
De 9 à 12 —	0.148	0.009	0.050	0.029	0.023	0.032	6.6	34.9	20.2	16.0	22.3	1 430	590	290	230	320
Moyenne pour le 1er pied.	*0.518*	*0.030*	*0.248*	*0.014*	*0.113*	*0.108*	*5.8*	*48.3*	*2.8*	*22.0*	*21.0*	*20 520*	*11 020*	*560*	*4 540*	*4 300*
Moyenne pour le 2e pied .	*0.088*	*0.001*	*0.021*	*0.041*	*0.014*	*0.003*	*3.7*	*25.8*	*49.4*	*16.8*	*4.8*	*8 820*	*1 000*	*1 640*	*560*	*120*
Moyenne pour les 2 pieds.	*0.298*	*0.017*	*0.184*	*0.028*	*0.064*	*0.055*	*6.0*	*44.9*	*9.8*	*21.4*	*18.4*	*28 340*	*12 090*	*2 200*	*5 100*	*4 420*

Diagrammes 4 *a* et 4 *b*.



Se rapportent à deux parcelles différentes d'un même terrain salant plâtré et, de ce fait, partiellement amendé ; échantillons prélevés au même moment, en septembre 1894. L'orge se refuse à croître au premier endroit (4 *a*) ; elle atteint 4 pieds de haut au second endroit (4 *b*), qui a donné une récolte de foin d'orge à raison d'une tonne à l'acre. — Dans le diagramme 4 *a*, la courbe du salant total arriverait à 1.96 p. 100 si on la prolongeait jusqu'à la surface du sol ; dans le diagramme 4 *b*, elle arriverait à 3.24 p. 100.

Commentaire.

Les *séries 1 et 1 a* se rapportent à des points éloignés l'un de l'autre de 15 pieds, cependant à peu près identiques pour ce qui est du dosage global et de la composition centésimale du salant; à condition de ne pas nous arrêter aux tout petits détails, l'on peut donc se permettre de considérer les deux tableaux comme s'ils se rapportaient à un seul et même point.

Le premier (1) représente la distribution verticale du salant dans le sol au printemps, en mars-mai; le second (1 *a*), au commencement de septembre, après une sécheresse de quatre mois ou davantage; or, contrairement à ce qui a été dit au début de cet article, on voit que la distribution du salant n'a pas changé!

C'est que les conditions dans lesquelles ce sol se trouve comportent à peine une évaporation d'eau par la surface et, partant, l'appel des solutions salines dans la couche arable n'a lieu que dans une mesure négligeable. En effet, l'endroit en question, situé à un demi-mille anglais au nord du champ d'expériences de Tulare, est un terrain vierge non irrigué; comme la provision totale de salant n'y est pas très considérable, un dense gazon de graminées et d'herbes a pu s'y établir par un printemps favorable, les pluies hivernales ayant évacué le principal du salant à une profondeur de trois pieds — horizon qui n'est point atteint par les racines du gazon; ces racines ne dépassent pas la profondeur de 18 à 24 pouces; à la profondeur de 24 pouces, le taux total du salant, au printemps, y est de 0.21 p. 100 du poids du sol; les racines d'un assez grand nombre d'espèces sont aptes à supporter sans dommage ce degré de salinité. Or, la surface du sol une fois gazonnée, elle n'évapore plus que dans une mesure insignifiante, le principal de l'évaporation de l'eau contenue dans le sol se fait par la voie même des plantes; la couche supérieure du sol, bientôt réduite à un minimum d'humidité par le fait de la consommation d'eau que font les racines superficielles du gazon, assume le rôle d'une couverture protectrice à la manière de ces « paillis » en usage dans les pays à salant du midi de la France.

Le fait est que la parcelle à laquelle se rapportent les deux tableaux ne produit pas d'efflorescences salines. « Une culture quelconque », font observer MM. Hilgard et Loughridge, « tendrait à empêcher la montée du sel à l'égal de ce gazon naturel, pourvu que les plantes aient bien pris au printemps et qu'elles constituent une couverture parfaite » ; mais dégarnissez ce sol, aussitôt l'évaporation superficielle et l'appel par capillarité reprendront leur plein jeu et, avant que vous ayez eu le temps de vous y reconnaître, il y aura une « tache » manifeste, avec efflorescences et tout ce qui s'en suit ; et si l'hiver n'est pas très pluvieux, peut-être qu'encore même au printemps suivant vous vous trouverez en présence d'une couche arable trop imprégnée de sels pour permettre la germination des graines que vous y aurez semées.

C'est ainsi qu'une luzernière, une fois créée, prospère pendant des années et des années ; mais voici venir une saison où, pour une raison quelconque, le semis n'aura point levé ; la surface dégarnie, exposée à l'insolation et à une évaporation intense, se remet à fonctionner à la manière d'une pompe et bientôt la couche arable du champ est resalée si solidement que peut-être faudra-t-il attendre plusieurs années avant de pouvoir y remettre quelque chose d'utile. « Le cas que représentent les tableaux 1 et 1 *a* est typique pour une grande partie des sols de la Station de Tulare et du pays environnant, pour mille autres localités de la vallée de San-Joaquin et pour d'autres régions de la Californie ; autant que ces sols demeurent abandonnés à eux-mêmes, il n'y a que de loin en loin quelques taches d'efflorescences salines qui y apparaissent ; à part ces taches, le reste du terrain se couvre au printemps d'une luxuriante végétation d'herbes, pour la plupart annuelles, dont beaucoup ont une floraison superbe, de sorte que le pays prend un aspect fort attrayant. Avec le progrès de la saison, en avril-juin, ces plantes montent en graines ou se dessèchent ; seules, subsistent quelques espèces spécialement adaptées à la sécheresse, la plupart vivaces.

Dans la règle, c'est-à-dire à part les saisons anormales, la superficie globale des taches salantes dispersées de-ci de-là dans la campagne, si on voulait les additionner les unes aux autres, se trouverait demeurer à peu près invariable d'une année à l'autre, tout en ad-

mettant des changements de place. Défrichés et mis en culture, *sans irrigation,* des terrains de cette nature, dans les années particulièrement humides, produisent, grâce à leur énorme richesse intrinsèque, des récoltes de toute beauté qui dédommagent le cultivateur des échecs absolus dans les années plus sèches. Naturellement, c'est là un jeu quelque peu hasardeux auquel maint brave homme s'est ruiné ; il faut ajouter que quelques heureux, particulièrement favorisés par la chance, s'y sont enrichis.

Pendant quelque temps, cela dure ainsi, telle année comblant les greniers, telle autre semant la ruine et le découragement, jusqu'à ce que la population se décide à établir l'irrigation artificielle, et alors voici ce qui se produit :

Pendant quelques années, l'on a des récoltes plus belles les unes que les autres, mais avec le temps, l'on remarque que de petites taches salantes anciennes et bien connues se mettent à grossir, font tache d'huile, en arrivent à se rencontrer, se confondent en une seule grande tache ; d'autres apparaissent où l'on n'en n'avait jamais vu, d'abord minuscules, « pas plus grandes que la main », mais, avec les années, s'étendent de plus en plus jusqu'à ce que le champ se trouve à ce point moucheté et coupé de taches et de bandes stériles qu'il ne reste qu'à plier bagages.

La qualité de l'eau employée pour l'irrigation n'y est pour rien ; il s'est passé de ces choses en Californie, même dans les pays irrigués par des canaux dérivés de la Kings River et de la Kaweah River, dont l'eau est d'une pureté idéale.

Le *diagramme n° 3* donne une idée bien nette de l'état des choses dans un pareil terrain dégarni de couverture végétale et soumis à l'irrigation. « Souvent, le tableau sera moins prononcé ; soit que l'évaporation n'aura pas encore duré assez de temps pour amener le plein de ses conséquences ; soit que, par une culture soignée et attentive de la surface, le terrain aura été, jusqu'à un certaint point, mis à l'abri de ce phénomène de « montée » du salant, soit que, enfin, le sol porte une couverture végétale protectrice pendant toute l'année, comme c'est le cas de luzernières irriguées. »

La concentration du salant dans la couche arable aux dépens des

couches plus profondes atteindra son maximum dans des vergers irrigués où le sol entre les arbres fruitiers demeure nu ; dans ces conditions, lorsque, en plus, le salant comprend du carbonate de soude, la couche arable s'affaisse et finit par se convertir en un tuf alcalin absolument analogue au « hardpan » du sous-sol ; rien d'étonnant à cela — mêmes facteurs, mêmes effets.

Le « alkali hardpan » étant imperméable, la surface de terrains ainsi dégradés ne tarde pas à se couvrir de flaques quelquefois permanentes, d'eau noircie par le fait de la solubilité de l'humus en présence du carbonate de soude.

Diagrammes nos 2a, 2b et 2c. — Ces diagrammes représentent un terrain salant qui a reçu en 1894 et 1895 un amendement de plâtre[1], chaque fois à raison de 1/2 tonne par acre ; cette intervention était devenue nécessaire à la suite du resalement de la couche arable qu'avait amené l'irrigation. Antérieurement cet endroit — un verger — ne présentait qu'une insignifiante tache salante en contre-bas du reste de la parcelle ; mais dès l'établissement de l'irrigation cette tache s'était mise à grandir jusqu'à ce que, en automne de 1893, la plus grande partie du terrain se trouva encroûtée et totalement dégradée ; les arbres avaient péri.

Le plâtrage ne manqua point son effet : en 1893, à peine quelques touffes de l'orge que l'on avait semée sur l'emplacement de l'ancien verger, avaient-elles mûri leurs épis ; en 1894, malgré une saison très sèche, la moitié à peu près du terrain plâtré fournit du foin d'orge à raison de 1 tonne à l'acre, les brins ayant atteint 2 pieds de haut ; en 1895 la récolte en fut à raison de 2 tonnes et demie à l'acre avec des brins hauts, en mai, de 4 pieds. Le diagramme 2*b* représente l'état des choses en mai 1895, après que, quelque temps auparavant, il y avait eu une pluie égale à environ 0.9 d'un pouce d'eau ; ce sont spécialement *les relations réciproques des deux courbes des sulfates d'alcalis et du « carbonate de soude »* qui doivent retenir l'attention du lecteur : à proximité de la surface il y a à peu près autant de carbonate que de sulfates, mais bientôt les courbes com-

1. Voyez le *Progrès agricole et viticole,* année 1894 : « Le Plâtrage des terrains alcalins. »



mencent à diverger, jusqu'à ce que, entre le 6e et le 12e pouce de profondeur, les sulfates ne soient tombés à 0.02 p. 100 du sol et le carbonate monté à 0.23 p. 100 ; dans la suite de leur parcours les deux courbes se rapprochent et en arrivent à se croiser à 15 pouces de la surface, pour diverger à nouveau jusqu'à la couche comprise entre le 18e et le 12e pouce ; à ce niveau, la situation est l'inverse de la précédente ; c'est ici les sulfates qui ont le dessus, avec 0.14 p. 100 et le carbonate le dessous avec 0.04 p. 100. Entre le 21e et le 24e pouce, nouvelle intersection ; entre le 24e et le 27e, nouvel écartement maximum avec 0.09 p. 100 de carbonate contre 0.02 p. 100 de sulfate. Au niveau du 27e pouce encore intersection ; entre le 27e et le 30e, encore un écartement maximum, toujours renversé par rapport au précédent : cette fois c'est 0.08 p. 100 de sulfate contre 0.09 p. 100 de carbonate.

Les sols salants contiennent toujours plus ou moins de carbonate de chaux et de magnésie et de sulfate des mêmes métaux ; dans le cas spécial dont il s'agit, il a été encore ajouté beaucoup de plâtre artificiellement à titre d'amendement ; or, entre les carbonates de chaux et de magnésie d'une part et les sulfates et chlorures d'alcalis d'autre part, en présence d'un excès d'acide carbonique, d'une certaine humidité et à certaine température, il s'établit une réaction d'échange dont la conséquence est le passage d'une partie des sulfates et chlorures d'alcalis en carbonates ; *vice versa,* lorsqu'il n'y a point d'excès d'acide carbonique, lorsque les conditions d'humidité et la température sont différentes, les carbonates d'alcalis entrent en réaction d'échange inverse avec les sulfates de chaux et de magnésie et il en résulte la transformation d'une partie des carbonates d'alcalis en sulfates.

La reconstitution des chlorures d'alcalis ne peut avoir lieu dans les mêmes proportions que celle des sulfates, à cause de l'extrême solubilité des chlorures de chaux et de magnésie formés lors de la transformation antérieure de chlorures d'alcalis en carbonates ; par le fait de cette grande solubilité la plus grande partie des chlorures alcalino-terreux se trouve éliminée dans les couches profondes du sol ou dans le drainage général de la localité ; lorsque les conditions ambiantes amènent la neutralisation des carbonates d'alcalis, c'est

donc, en première ligne, des sulfates d'alcalis qui en résultent, et *vice versa ;* de là, dans le diagramme 2*b* la corrélation si curieuse des courbes qui figurent la distribution verticale des sulfates et du carbonate.

Voici l'interprétation qu'en donnent MM. Hilgard et Loughridge :

Il y a eu une pluie, depuis, du soleil ; les couches successives du sol se sont trouvées humectées et échauffées à un point différent, chacune *en raison des différences de leurs propriétés hygroscopiques et caloriques ;* comme conséquence, la fermentation de l'humus, source d'acide carbonique, a été très intense dans les unes et insignifiante dans les autres ; et alors, dans les unes il y a eu excès d'acide carbonique et transformation de sulfates en carbonates ; dans les autres, ces conditions faisant défaut, les réactions d'échange ont eu lieu dans le sens opposé, des carbonates d'alcalis sont passés en sulfates.

D'une manière générale, de grandes quantités d'acide carbonique ne sont formées qu'à la condition que le sol soit bien humide ; de là, la proportion importante de carbonate d'alcali dans la profondeur du sol où d'habitude se localise l'humidité, à moins que les pluies ou une abondante irrigation n'aient pour quelque temps rendu aussi la surface assez humide pour favoriser une fermentation intense de l'humus, auquel cas on peut trouver, même à la surface, une relative abondance de carbonates d'alcalis.

Dans les conditions normales on constatera donc toujours que la richesse du mélange salin en carbonate de sodium augmente à mesure que l'on s'enfonce, et cela, aussi longtemps qu'il y a de l'humus et partant possibilité de production d'acide carbonique.

Il en est ainsi dans les cas illustrés par les *diagrammes* 1, 4*a*, 4*b* ; la comparaison de ces 3 diagrammes donne à la fois un bel exemple de l'influence de la saison : les deux diagrammes 4*a* et 4*b* représentent des sols naturellement asséchés et ventilés pendant toute la durée d'un été ; il en résulte, en même temps que l'accumulation du salant vers la surface, une prédominance de sulfates tout aussi tranchée que la prédominance du carbonate l'est dans le « hardpan » du sous-sol dans le diagramme n° 1.

Dans ce seul et même forage n° 1, les quinze premiers pouces contiennent les sulfates et le carbonate en proportions presque égales, tandis qu'à 45 pouces de profondeur le carbonate constitue la presque totalité (94 p. 100) du salant.

D'ailleurs, il est d'observation constante que, dans un terrain donné, ce sont toujours les parties les plus basses et les plus humides qui accusent le plus d' « alcali noir » ; qu'à conditions égales, un sol argileux, lourd, a toujours le salant plus chargé de carbonate qu'un sol sablonneux, léger.

Toutes les fois qu'un sol est parfaitement aéré (comme c'est le cas de terres drainées à tuyaux), il n'y a guère à craindre de voir le sol se charger de carbonate de sodium ; s'il s'en forme, il ne tardera pas à revenir à l'état de sulfate. Au contraire, toutes les fois qu'un terrain salant est laissé longtemps imbibé d'eau, il y a danger d'enrichissement en carbonates, aux dépens des sulfates.

A ce propos MM. Hilgard et Loughride font observer que, « bien qu'un grand excès de plâtre devrait essentiellement retarder les réactions inverses qui tendent à annuler les bons effets qui auraient pu être obtenus par le plâtrage d'un terrain à « alcali noir », il ne faut pas oublier non plus que l'expérience de tous les temps, dans d'autres pays, enseigne que les sols riches en plâtre sont très susceptibles d'être sérieusement endommagés par la stagnation des eaux, en raison de la réduction qui en pourrait résulter du sulfate en sulfure capable de dégager du sulfure d'hydrogène excessivement nuisible à la végétation ».

Salinité exprimée en livres à l'acre.

Ceci est un chapitre que je me permettrai de traduire presque sans modifications en commençant par les tableaux I, II, III, pages 419, 420 et 422, qui en constituent la partie essentielle.

Je rappelle que le calcul est basé sur l'estimation d'un acre-pied à 4 000 000 de livres anglaises.

Considérons d'abord les échantillons prélevés sur les deux endroits stériles où l'orge s'est refusée à germer ou à croître (tableau I, page 419 : n° 3 et n° 4*a*) ; nous constatons un total de 32 470 livres

(la couche entrant en jeu est de 4 pieds) et de 43 660 livres (la couche qui entre en jeu étant de 2 pieds).

TABLEAU I. — Sols irrigués où les plantes agricoles se refusent à croître.

(Forages nº 3 et nº 4*a*; comparez avec les diagrammes et les séries d'analyses ayant servi à les dresser.)

Teneur en livres à l'acre.

	TOTAL des sels solubles.	SULFATES.	CARBONATES.	CHLORURES.	NITRATES.
Nº 3. Échantillonné en mai 1895.					
1er pied	19 800	6 840	9 930	2 490	500
2e pied	9 500	1 830	6 910	410	350
Somme des deux premiers pieds.	29 300	8 670	16 840	2 900	850
3e pied	2 140	450	1 540	150	»
4e pied	1 030	670	230	130	»
Somme des quatre pieds	32 470	9 790	18 610	3 180	850
Nº 4a. Échantillonné en septembre 1894.					
1er pied	33 580	18 390	3 760	9 420	2 000
2e pied	10 080	1 640	7 680	360	400
Somme des deux premiers pieds.	43 660	20 030	11 440	9 780	2 400

Sur les 32 470 livres, plus de la moitié (18 610) est du carbonate de soude. Sur les 43 660 livres, un quart seulement est du carbonate, mais le chiffre total (43 660) est tellement élevé, que si même ce n'était que des sels à réaction neutre et qu'il n'y eût pas du tout de carbonate, la salinité de ce sol dépasserait quand même ce que peuvent supporter toutes les plantes agricoles jusqu'à ce jour expérimentées, à part les « salt-bushes ».

En comparant avec ces données celles obtenues pour un sol (nos *2a, b, c,* tableau II) apte à produire de l'orge (en 1895, récolte à raison de 2 tonnes et demie de foin d'orge à l'acre), nous voyons l'un des échantillons (nº 2*a*) accuser 21 200 livres; l'autre, 25 550, plus

TABLEAU II. — Sols salants où les plantes agricoles réussissent.

(Forages nos 2 *a*, 2 *b*, 2 *c*, 4 *b*; pour leur désignation plus précise, voir les en-têtes des diagrammes ou tableaux concernant les mêmes échantillonnages.)

Teneurs en livres à l'acre.

	TOTAL des sels solubles.	SULFATES.	CARBONATES.	CHLORURES.	NITRATES.
N° 2 a. Mars 1895.					
1er pied	6 360	2 590	3 560	210	»
2e pied	10 240	3 840	4 920	1 480	»
3e pied	3 520	280	3 040	20	»
4e pied	1 080	600	300	180	»
Somme des quatre pieds	21 200	7 310	11 820	1 890	»
N° 2 b. Mai 1895.					
1er pied	11 530	3 750	7 040	720	»
2e pied	9 850	4 730	3 760	1 360	»
3e pied	3 090	1 640	1 070	370	»
4e pied	1 080 [1]	600	300	180	»
Somme des quatre pieds	25 550	10 720	12 170	2 630	»
N° 2 c. Septembre 1895.					
1er pied	8 660	1 930	5 790	850	90
2e pied	3 950	600	3 140	210	»
3e pied	1 730	570	1 050	110	»
4e pied	970	540	290	140	»
Somme des quatre pieds	15 310	3 640	10 270	1 310	90
N° 4 b. Septembre 1894.					
1er pied	20 520	11 020	560	4 540	4 300
2e pied	3 320	1 000	1 640	560	120
3e pied	»	»	»	»	»
4e pied	»	»	»	»	»
Somme des quatre pieds	23 840	12 020	2 200	5 100	4 420

1. Ne pas s'étonner de la coïncidence absolue de ce chiffre avec celui de la même couche en mars (forage n° 2 *a*) ; il a été simplement emprunté à celle-ci pour parfaire la profondeur de quatre pieds, afin de rendre possible la comparaison ; en réalité, le forage de mai (n° 2 *b*) n'a été fait que jusqu'à la profondeur de 3 pieds.

de la moitié étant du carbonate ; ce dernier chiffre se rapporte à un point couvert d'orge haute de 4 pieds ; donc, malgré son importance, il est encore dans les limites de la résistance de l'orge. La *proportion* de carbonate demeurant à peu près la même dans les échantillons 2*a* et 2*b*, le premier pied du 2*b* en a accusé, dans les conditions de l'examen, presque le double en chiffres absolus (c'est que le salant total y est également à peu près double) ; néanmoins, l'orge a, comme on voit, très bien réussi ; la germination s'était faite avec une régularité parfaite. Il est très curieux de faire remarquer qu'un échantillonnage fait en septembre de la même année (voyez 2*c*, tableau II) à quelques pieds seulement de distance des forages 2*a* et 2*b* échantillonnés en mars et mai, ne fournit que le chiffre de 15310 livres pour le total du salant, la différence portant surtout sur le premier pied ; il est difficile de s'expliquer le fait autrement qu'en admettant qu'une grande partie du salant monté à la surface dans le courant de l'été a été emporté par les vents [1].

Au mois de septembre de l'année d'avant (1894), un forage (4*b*), à 40 pieds de distance du même endroit, fait sur un point où l'orge avait également très bien réussi cette année-là, avait donné, rien que pour les deux premiers pieds, un total de 23840 livres de salant, dont 20000 logées dans le premier seul.

Passons aux deux forages (tableau III) pratiqués, l'un en mars, l'autre en septembre, sur un sol non irrigué couvert de la végétation spontanée commune à la région ; le premier accuse pour l'ensemble des 4 pieds un total de 27030 de sels solubles d'alcalis, avec seulement 230 livres de carbonate de soude dans le premier pied contre 13590 dans le troisième, au niveau du « hardpan » d'ailleurs non atteint par les racines. « L'autre (septembre) donne un total toujours un peu inférieur à celui du mois de mars, à savoir 25420 livres seulement, mais cependant sans que la distribution des chiffres révélât d'accumulation dans la couche arable pendant la durée de l'été. »

---

1. Cette hypothèse s'accorde avec ce que j'ai entendu dire au bien connu botaniste, M. le général Korolkov, gouverneur militaire de Tachkent, sur les terrains salants du Turkestan qu'il est à même d'observer depuis de longues années ; il croit fermement au dessalement de terrains salants par le fait du vent. J. V.



TABLEAU III. — Terrain salant non irrigué couvert de la végétation naturelle propre à la région.

Teneur en livres à l'acre.

	TOTAL des sels solubles.	SULFATES.	CARBONATES.	CHLORURES.	NITRATES.
a. Échantillonné au mois de mars.					
1er pied	810	370	230	190	20
2e pied	4 660	730	4 140	190	»
3e pied	17 080	2 450	13 590	1 040	»
4e pied	4 680	620	4 040	20	»
Somme des quatre pieds	27 030	4 170	22 000	1 440	20
b. Même terrain, échantillonné au mois de septembre.					
1er pied	860	520	270	20	50
2e pied	6 160	1 060	5 000	200	»
3e pied	15 930	2 340	11 920	630	»
4e pied	2 470	460	1 870	140	»
Somme des quatre pieds	25 420	4 380	19 060	990	50

Une comparaison avec le tableau II enseigne que la parcelle du tableau III pourrait produire de l'orge aussi bien que le font les sols du tableau II, pourvu que, toutefois, la proportion de carbonate, beaucoup plus considérable dans le cas du tableau III, fût réduite au taux de ce qu'offrent les sols du tableau II, chose facile à réaliser au moyen du plâtrage.

Il résulte de ces faits que, *pour l'orge,* toutes conditions étant favorables d'ailleurs, et le salant ne contenant pas plus de la moitié en carbonate de soude, la *limite de tolérance* compatible avec une entière récolte de foin est quelque part entre 25 500 et 32 000 livres de sels solubles d'alcalis à l'acre dans les quatre premiers pieds ; ces chiffres ne valant toujours qu'autant que cette couche de quatre pieds contient tout le salant susceptible d'arriver à portée de la surface. Exactement, le plus imprégné des sols des tableaux précités où

l'orge a encore parfaitement réussi, accuse 25 550 livres (tableau II, n° 2*b*), le moins imprégné de ceux où elle n'a plus voulu pousser — 32 470 (tableau I, n° 3).

Si on voulait traduire ces quantités en tant pour cent, on aurait $\frac{25\,550}{11\,000\,000} \times 100$ et $\frac{32\,470}{16\,003\,000} \times 100$, ce qui fait 0.159 p. 100 et 0.203 p. 100.

Cette manière d'aborder le problème paraît pouvoir énormément simplifier la taxation de tout terrain salant en vue d'un avis à donner sur la réalisabilité et la méthode d'un amendement : il suffirait d'extraire une colonne de sol profonde de 4 pieds, par exemple, et d'en faire une seule analyse (et non plus 16) quant à la teneur totale en salant et à la composition de celui-ci ; si la richesse moyenne en salant total ne dépasse pas de beaucoup 0.175 p. 100 et la richesse du salant en carbonate 50 p. 100, on sera autorisé à déclarer le sol susceptible d'être amendé, du moins pour l'orge, simplement par le plâtrage et par une culture profonde et parfaite ; tout terrain qui aurait donné, dans les mêmes conditions d'examen et de calcul, des chiffres essentiellement inférieurs à 0.175 p. 100 de salant total et à 50 p. 100 de carbonate, devrait pouvoir être mis en culture, sans aucune crainte, même s'il était couvert d'une végétation naturelle d'*alkali grass* (*Distichlis maritima,* plante halophyte).

Il n'y a pas de doute que pour les cultures autres que l'orge, les limites de la tolérance sont notablement différentes et qu'il les faut rechercher exprès pour chacune.

On trouvera plus loin un tableau (tableau IV) résumant *quelques notions sur les limites de la résistance des cultures au salant* obtenues antérieurement à la méthode des forages à 4 pieds de profondeur, au cours d'efforts plutôt inefficaces qui tendaient à résoudre le problème par l'analyse de la seule couche supérieure épaisse de 1 pied.

On voit par ce tableau (IV) qu'un sol qui a fourni une belle récolte d'orge contenait en mars, dans le premier pied, 0.185 p. 100 de salant dont presque 7/9es en carbonate de sodium ; en août de la même année, l'orge ayant été enlevée en mai et le sol, depuis, laissé dénudé, il a été trouvé 0.305 p. 100 de salant complètement libre de carbonate (voyez ce qui a été dit plus haut sur le passage de sulfates en carbonates et *vice versa*).

TABLEAU IV. — Résistance au salant.

SOLS SALANTS. Échantillons comprenant le 1er pied, excepté les deux derniers qui ne comprennent que la croûte.	DATE du prélèvement de l'échantillon.	POUR 100 DU SOL.					COMPOSITION CENTÉSIMALE DU SALANT.				LIVRES A L'ACRE.				
		Total des sels solubles d'alcalis	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Sulfates d'alcalis.	Carbonate de sodium.	Chlorure de sodium.	Nitrate de sodium.	Total des sels solubles d'alcalis	Sulfates.	Carbonates.	Chlorures.	Nitrates.
Orge haute de 2 pieds. Pas d'efflorescences.	Mars 1894. .	.185	.040	.136	.005	.008	21.7	73.9	2.7	1.7	7 400	1 600	5 440	200	120
Orge haute de 4 pieds. Pas d'efflorescences.	Août 1894. .	.305	.188	»	.064	.053	61.6	»	20.9	17.5	12 200	7 520	»	2 560	2 120
Orge. Efflorescences viennent d'apparaître.	Mars 1894. .	.501	.254	.170	.054	.023	50.7	33.9	10.7	4.7	20 040	10 160	6 800	2 160	920
Orge vit. Efflorescences viennent d'apparaître	Mars 1894. .	.379	.169	.170	.037	.003	44.5	44.8	9.8	0.9	15 160	6 760	6 800	1 480	120
Orge. Fortes efflorescences	Mars 1894. .	.512	.262	.179	.063	.008	51.1	34.9	12.3	1.7	20 480	10 480	7 160	2 520	320
Orge tuée par le salant	Août 1894. .	1.810	.762	.509	.485	.054	42.1	28.1	26.8	3.0	72 400	30 480	20 360	19 400	2 160
Poiriers tués par le salant	Août 1894. .	1.570	.795	.115	.460	.200	50.6	7.3	29.3	12.8	62 800	31 800	4 600	18 400	8 000
Le salt-bush ayant levé de graines sans difficulté.	»	.325	.126	.127	.067	.005	38.8	39.0	20.6	1.6	13 000	5 040	5 080	2 680	200
Le salt-bush languit autant que jeune . . .	»	.773	.259	.233	.280	.001	33.5	30.1	36.2	0.2	30 920	10 360	9 320	11 200	40
Croûtes salées.															
Le salt-bush vivote à peine	»	7.960	4.280	1.820	1.680	.180	53.8	22.9	21.1	2.2	»	»	»	»	»
Le salt-bush est mort.	»	25.702	15.447	3.774	6.078	.403	60.1	11.7	23.6	1.6	»	»	»	»	»

Pas loin de là, en un endroit où l'orge était bien vivante mais moins prospère, il y a eu, dans le premier pied, en mars, de 0.4 p. 100 à 0.5 p. 100 de salant.

En un autre endroit où l'orge dépérissait, il a été trouvé en août, dans le 1er pied, l'énorme dosage de 1.81 p. 100 de salant total, ce qui fait, pour ce 1er pied seulement, 72 000 livres à l'acre, sur lesquelles il y avait 20 000 livres de carbonate de sodium. La même année (1894), des poiriers âgés de plusieurs années moururent dans un sol qui accusa, dans le 1er pied, un peu plus de 1.5 p. 100 de salant total, soit 63 000 livres à l'acre, dont en chiffres ronds 32 000 de sulfate de sodium, 18 400 de sel marin, *8 000* (= *4 tonnes*) *de nitrate de soude valant au prix du jour 200 dollars,* enfin 2 tonnes et demie seulement de carbonate de soude.

« Nous nous proposons », ajoutent MM. Hilgard et Loughridge, « de faire l'année prochaine aux mêmes endroits des forages de 4 pieds ; il est probable que le total du salant dans les 4 pieds atteindra 100 000 livres. Il est douteux qu'un sol aussi imprégné de sels puisse servir à quelque chose, à moins de lui enlever une grande partie du salant au moyen de drains. »

Le même tableau donne quelques renseignements généraux sur la résistance de l'*Atriplex semibaccatum*[1], toujours basés sur l'analyse du premier pied seulement. Les auteurs y joignent les remarques suivantes :

« On observera que ce salt-bush s'est développé aisément de semis sur des sols qui ont accusé dans le premier pied 1/3 p. 100 de salant ; qu'il a langui, sans toutefois périr, sur des parcelles où il en a été trouvé, dans les mêmes conditions de calcul, 1/2 p. 100, taux équivalant à 31 000 livres par acre pour ce premier pied ; il a eu beaucoup de peine à garder un peu de vie dans un sol qui, dans notre tableau, est caractérisé par l'analyse de la croûte (efflorescence, y compris environ 1/2 pouce de sol immédiatement attenant); dans

1. Un « salt-bush » d'Australie dont la culture en tant que fourrage paraît prendre en Californie une certaine importance ; d'après une lettre de M. Hilgard, datée de décembre 1895, il y en aurait eu en culture 4 000 acres. Pour les salt-bushes en général, voyez *Mémoires de la Société nationale d'agriculture de France,* 1892. et communications postérieures dans le *Bulletin* de la même société.



cette « croûte » il a été trouvé 8 p. 100 de salant au total, dont la moitié en sulfate de soude, le reste étant constitué presque à parties égales par du carbonate et du sel marin ; il a péri enfin dans un cas où le premier demi-pouce accusait 24 p. 100 de salant, dont 0.6 de sulfate de soude et 0.15 de carbonate de soude. »

Dans une lettre, postérieure à ces lignes et datée de juin 1896, M. Hilgard dit : « Nous n'avons pas réussi à faire vivre notre salt-bush là où le sol contient près de 75 000 livres de salant par acre » (dans les 4 pieds ?).

Pendant que nous sommes au chapitre de la résistance au salant, je me permettrai de reproduire quelques passages relatifs à ce sujet et que j'emprunte à des lettres postérieures au « Rapport pour l'exercice 1894-1895 » :

« Nous avons dressé une carte du salant pour l'un des terrains de notre station (Chino) en divisant la superficie en carrés de 50 pieds et en analysant à part chaque carré.

« Sur ce terrain qui accuse environ 15 000 livres de salant par acre (pour 4 pieds), nous avons récolté des *betteraves* à sucre de la plus haute qualité ; depuis, nous y avons planté, à titre d'expérience, un grand nombre de plantes différentes ; il se trouve que déjà cette petite quantité (dont l'orge sait supporter le double) entrave le développement de presque toutes les *légumineuses,* tandis que les *composées* y prospèrent, entre autres le *grand soleil* de Russie (*Helianthus annuus*). Parmi les légumineuses, seules la *vesce velue* et la *luzerne* réussissent un peu et encore sans arriver à former les tubercules assimilateurs ; il faut bien dire qu'ils y seraient bien superflus, le terrain renfermant, par acre, près de 1 000 livres de salpêtre ; n'importe, les plantes ont mauvaise mine (juin 1896).

« ... Depuis ma dernière lettre, nos cultures du champ d'expérience de Chino ont révélé quelques faits intéressants. D'abord, d'accord avec vos observations, il y a deux espèces de *mélilot* qui prospèrent et possèdent quelques tubercules, mais seulement sur celles des racines qui sont assez éloignées de la surface du sol et où, par conséquent, le salant n'est plus qu'extrêmement faible. La même remarque s'applique à la *vesce velue ;* presque toutes les autres légumineuses, y compris les *lupins* (d'Europe et indigènes), sont mortes

ou près de mourir (nous n'avons pas encore expérimenté le *Trifolium fragiferum* des terrains salants d'Europe sur lequel vous avez attiré notre attention). Après la *betterave,* le *grand soleil* continue à être le meilleur succès sur toute l'étendue du champ. Je pense que le *topinambour* (*Helianthus tuberosus*) pourra aussi être cultivé sur des salants déjà assez joliment concentrés.

« Je viens de recevoir un *Bulletin de la Station agronomique du Wyoming* sur des expériences de germination en terrains salants ne contenant presque que des sulfates ; elle se trouve extrêmement lente ; d'ailleurs, le ralentissement est en raison directe du degré de salinité ; 1 p. 100 dans les deux premiers pouces paraît être le maximum compatible avec le développement normal du seigle que ces Messieurs trouvent être la plus résistante des céréales de leur climat. La lenteur de la germination est due au ralentissement de l'imbibition (gonflement) de la graine, fait bien connu des fermiers californiens... »

Nous allons terminer par quelques extraits de la correspondance du laboratoire de Berkeley pour l'exercice 1894-1895, intéressants en tant qu'il y est question de types de salants plus ou moins nouveaux (du moins, non spécifiés dans le travail publié dans les *Annales de la science agronomique française et étrangère* en 1893) ou en tant qu'exemples d'appréciation et d'interprétation :

« 1. Croûte salée, deux échantillons provenant l'un de la *Southern-California Experiment-Station* (succursale de la station de Berkeley) près Chino, l'autre de « Chino Ranch », ferme (sucrerie) de M. Gird, également près Chino ; une analyse de croûte de cette dernière provenance nous est en même temps communiquée, qui a été faite par le chimiste de la sucrerie.

TABLEAU.

Croûtes salées de Chino (Californie).

PRINCIPES MINÉRAUX des sols.	N° 1. Échantillon provenant du champ d'expériences.	N° 2. Échantillon provenant de la propriété de M. Gird.	N° 3. Analyse d'un échantillon de même provenance que le N° 2, mais faite par le chimiste de la sucrerie.
Sulfate de potasse[1]	3.97	2.56	40.10
Sulfate de soude	49.58	80.41	27.92
Carbonate de soude	»	4.50	»
Sel marin	15.61	3.76	7.49
Nitrate de magnésie[2]	11.63	1.29	»
Sulfate de magnésie	10.66	0.23	3.21
Sulfate de chaux	1.94	»	»
Matières organiques et eau de combinaison par différence	6.61	7.25	»
Matière organique	»	»	3.34
Non déterminées	»	»	17.94
Somme	100.00	100.00	100.00
1. Livres à l'acre (premier pied)	444	218	»
2. Équivaut, à l'acre (premier pied) à salpêtre de Chili, livres	1 500	131	»

« Il n'est pas facile de concilier les deux analyses n° 2 et n° 3 se rapportant à la ferme de Chino ; on nous affirme que les deux échantillons qui y ont servi ont été prélevés sur un seul et même endroit. Les différences entre l'échantillon n° 1 de la station et l'échantillon n° 2 de la sucrerie, qui portent principalement sur le sulfate de soude, les nitrates, le sulfate de magnésie, sont, au contraire, parfaitement plausibles, puisque les deux terrains sont à quelque distance l'un de l'autre ; or, des différences de cette valeur peuvent être observées même sur une seule et même tâche de salant, comme en font preuve les investigations de M. Colemore publiées dans le « Report » de la station de Berkeley pour l'exercice 1894, p. 141.

« Le taux de sulfate de potasse trouvé dans le salant de Chino par le chimiste de la sucrerie (n° 3) est extrêmement élevé ; jamais nous n'en avons encore rencontré de pareil ; quant à l'analyse du labora-

toire de Berkeley (n° 2), elle répond à un type bien commun de « salant blanc », autant pour le sulfate de potasse que pour les nitrates. Pour ce qui est de ces derniers, on remarquera que l'échantillon de la station agronomique de Chino en contient à peu près dix fois autant que celui du Chino Ranch ; or, il se trouve justement que sur l'endroit d'où provient le premier échantillon, la betterave était la plus petite et la moins satisfaisante de tout le champ, tandis que sur la tâche où a été prélevé l'échantillon de Chino Ranch la betterave était de belle taille et riche en sucre.

« Calculés en livres à l'acre, pour une couche arable de 1 pied de profondeur, les dosages de potasse et de nitrate constatés par nous dans la croûte saline de Chino Ranch reviennent à peu près à la charge d'engrais artificiel que l'on a l'habitude d'appliquer à la betterave à sucre en Allemagne ; par contre, avec le même calcul, pour le sol de la station de Chino on trouve un fort excès de nitrates sur les doses habituelles d'engrais.....

« 2. Terrain salant provenant d'une propriété sise sur la Mojave River, San Bernadino County ; envoi de M. B. F. Taylor, de Rialto. Échantillon pris jusqu'à une profondeur de 16 pieds ; sol léger (*silt*) ; réaction alcaline. Le délavage d'une portion de cet échantillon fournit le résultat suivant :

	DANS 100 grammes de sol.	COMPOSITION centésimale du salant.
Sulfates de soude et de potasse	0.110	11.11
Carbonate de soude	0.270	27.27
Sel marin	0.610	61.62
Total	0.990	100.00

« Conformément à la loi générale de la distribution verticale du salant, la couche toute superficielle de ce sol devrait en contenir 5 ou 6 p. 100 du poids du sol ; c'est plus que n'en saurait supporter aucune plante agricole (excepté un salt-bush), à moins que le salant, actuellement « noir », ne soit converti en « blanc » par le plâtrage.

« 3. Efflorescence provenant de l'Oregon ; envoi de M. P. M. Scott, de San-Francisco. La matière, par sa richesse en carbonate de soude

(63 p. 100 du total des sels solubles), est comparable à la soude naturelle ramassée dans un but industriel sur les terrains salants de la Hongrie, du Caucase, de l'Arabie, de l'Inde, de l'Égypte, du Fezzan, de l'Australie (voyez le travail, maintes fois mentionné au cours de cet article, publié dans les *Annales* en 1893, chapitre VI, division E); elle présente encore ceci de remarquable qu'elle contient près de 40 p. 100 de carbonate de chaux insoluble.

« 4. Efflorescence et eau souterraine; envoi de M. J. Warren Dutton, Dutton' s Landing. L'efflorescence se forme en été sur les parties basses du terrain; l'eau provient du même endroit. » Ce que j'y trouve de digne d'attention est que l'efflorescence neutre étant « du sulfate de magnésie presque pur, avec un peu de gypse », l'eau, très salée, accuse à la fois « un peu de carbonate de soude ».

« 5. Produits de délavage d'échantillons du sol et du sous-sol d'un terrain sis dans la propriété de M. H. A. P. Carter, Byron, Contra Costa County; le sol étant prélevé jusqu'à une profondeur de 12 pouces, le sous-sol étant pris à 5 pieds au-dessous de la surface.

Question posée par l'envoyeur: « La luzerne réussira-t-elle dans ce terrain? »

SELS SOLUBLES.	DANS 100 PARTIES DU sol.	DANS 100 PARTIES DU sous-sol.
—	—	—
Sulfate de potasse	0.116	0.005
Sulfate de soude	0.109	0.095
Sel marin	0.064	0.032
Carbonate de soude	0.026	0.015
Total	0.315	0.147

Nous sommes ici tout près de la limite au delà de laquelle, sur un sol de la nature de celui dont il s'agit, on ne peut espérer avoir des récoltes. Si on se bornait à l'appréciation du sol, on pourrait dire que la luzerne devrait y être cultivable, car elle a été cultivée avec succès sur des sols aussi lourds et même plus imprégnés de salant que n'est celui-ci. Mais la difficulté viendra du sous-sol que le pivot, lorsqu'il l'aura atteint, ne pourra jamais pénétrer, du moins autant que le carbonate n'aura pas été converti en sulfate; il suffit de dire

que lorsque nous tentâmes de le délaver, bientôt, en dépit de toutes les précautions que nous avions prises, il se balla en une pâte presque imperméable qu'il nous a fallu soumettre au lavage pendant 10 jours pour obtenir un extrait suffisant pour l'analyse. Il est tout indiqué de plâtrer ce terrain, ce qui neutralisera le « salant noir » et, partant, enlèvera à l'argile cette propriété de se coaguler. »

DE LA

VALEUR AGRICOLE

DES SCORIES DE DÉPHOSPHORATION[1]

PAR

L. GRANDEAU

L'introduction dans la pratique agricole d'une nouvelle matière fertilisante, alors surtout que cette matière présente une constitution complexe, a toujours pour résultat de soulever un certain nombre de questions imprévues. Leur solution exige le double concours de recherches physiologiques et d'expériences culturales poursuivies pendant assez longtemps pour permettre des déductions dont les cultivateurs puissent faire leur profit.

1. Les lecteurs des *Annales* trouveront plus loin l'étude de MM. Petermann et Graftiau sur la question encore controversée de la relation qui existerait entre la solubilité des scories de déphosphoration dans le citrate d'ammoniaque acide et le poids de la récolte produite. Pendant que MM. Petermann et Graftiau poursuivaient leurs expériences dans la serre de végétation de la Station de Gembloux dans des conditions dont ils étaient à peu près maîtres, ce qui donne un grand intérêt aux résultats, de mon côté j'entreprenais, au parc des Princes, des expériences en plein champ sur le même sujet. En Autriche, sous la direction de M. Meissl, directeur de la Station agronomique de Vienne, de nombreux essais étaient faits chez les cultivateurs en vue d'étudier l'action comparative des scories à divers titres de solubilité. Il m'a paru intéressant de faire précéder la publication du mémoire de MM. Petermann et Graftiau d'un exposé rapide des résultats obtenus en Autriche et en France, en l'accompagnant de quelques considérations générales sur cette importante question.



L'application à la fumure des terres des laitiers phosphoreux, obtenus dans la transformation de la fonte en acier, par le procédé Thomas Gilchrist, devait tout naturellement provoquer l'examen de divers points importants relatifs aux conditions d'assimilation du phosphore par les plantes.

Les scories de déphosphoration, dont l'introduction dans la pratique agricole remonte à peine à une douzaine d'années, se sont montrées, dès le début, un engrais phosphaté de premier ordre, applicable, dans les sols de compositions les plus diverses, à toutes les natures de récoltes, autant pour les cultures d'hiver que pour les cultures de printemps et aussi profitables aux prairies naturelles et artificielles qu'aux céréales, aux plantes sarclées et à la végétation arbustive, vigne, fruitiers, etc... Au fur et à mesure de la constatation de ces faits, la consommation des scories est allée en croissant ; elle s'élève annuellement en Europe à plus d'un million de tonnes. Après avoir été, en partie, exportée à l'étranger pendant sept ou huit ans, la production des aciéries françaises, qui dépasse aujourd'hui 150 000 tonnes, a été entièrement utilisée, cette année, par nos agriculteurs, ce dont on ne saurait trop s'applaudir, étant donnée la pauvreté générale de notre sol en acide phosphorique.

S'ajoutant aux 800 000 tonnes de superphosphate que consomme la culture française, l'appoint des scories porte à peine à 150 000 tonnes, soit à moins de 6 kilogr. par hectare, la quantité d'acide phosphorique que reçoivent nos vingt-cinq millions d'hectares sous culture.

On voit, par le rapprochement de ces deux chiffres, quel développement attend l'industrie des engrais phosphatés, superphosphates, scories, etc., le jour où la masse de nos cultivateurs sera pénétrée de l'insuffisance des quantités qu'elle emploie aujourd'hui et des augmentations de rendement qui suivront parallèlement leur développement.

J'ai dit tout à l'heure que l'un des caractères essentiels des scories de déphosphoration est de donner dans tous les sols, en toute saison et pour toutes les cultures, des résultats excellents, égaux dans les sols calcaires à ceux que fournit le superphosphate, supérieurs en général dans les terrains argileux et silicéo-argileux. Je

suis autorisé à émettre cette assertion, tant par mes essais dans divers champs d'expériences, que par les résultats obtenus dans un domaine de 400 hectares situé en Lorraine, où j'ai employé depuis dix ans plus de 300 tonnes de scories. Comment s'explique l'universalité des bons effets des scories dans les sols de composition le plus variable ? C'est ce qu'il n'est peut-être pas inutile de rappeler. Les scories sont essentiellement constituées, comme on le sait, par un composé résultant de la combinaison d'acide phosphorique, de silice et de chaux qui les différencie des phosphates minéraux naturels. Ce composé présente cette particularité que son acide phosphorique est soluble à froid dans de l'eau contenant une faible proportion d'un des acides organiques (citrique, etc.) existant dans le suc des racines des végétaux. C'est donc un aliment tout préparé pour la plante et qui n'a pas besoin de subir dans le sol des transformations qui le rendent apte à être assimilé par le végétal. Il se comporte, à cet effet, comme le nitrate de soude qui fournit directement à nos récoltes, céréales, plantes sarclées, etc., l'azote dont elles ont besoin, tandis que les matières organiques azotées (fumier de ferme, par exemple) doivent être préalablement nitrifiées pour servir à la nutrition des plantes.

Du degré de finesse auquel les scories ont été amenées par la mouture dépend, au premier chef, l'action dissolvante qu'une liqueur faiblement acide exercera sur leur acide phosphorique ou, pour mieux dire, la quantité de ce dernier qui se dissoudra, par rapport au poids d'acide phosphorique total que contient la scorie. L'influence de la finesse du grain est donc, toutes choses égales d'ailleurs — tout le monde est d'accord sur ce point, — un élément essentiel de la valeur fertilisante *immédiate* des scories. Les produits livrés actuellement à l'agriculture renferment de 75 à 85 p. 100, et même davantage, de poudre fine passant au tamis dont l'écartement des mailles est de $0^{mm},17$ et qu'on désigne, dans l'industrie, sous le nom de tamis n° 100.

C'est à dessein que je viens d'employer l'expression de valeur fertilisante immédiate, parce qu'au bout d'un certain temps la totalité de l'acide phosphorique sera utilisable pour la récolte ; en effet, la masse entière de la scorie étant homogène, les grains trop volumi-

neux pour passer au tamis n° 100 possèdent la même composition que la poudre fine. Or, au contact de l'humidité et de l'acide carbonique du sol, ces grains se désagrègent et se transforment en poudre impalpable dans un temps variable avec les conditions qu'ils rencontrent dans la terre. Il s'ensuit que, selon toute vraisemblance, ils posséderont plus ou moins vite la même solubilité, dans les acides faibles, que la poudre passant au tamis n° 100. Les faits constatés dans nos laboratoires tendent à démontrer le bien-fondé de cette manière de voir. Un traitement réitéré par l'acide citrique des diverses parties d'un échantillon de scories, amenées par des pulvérisations successives à une égale finesse, permet de faire entrer en dissolution la totalité de l'acide phosphorique de cette scorie. On est donc autorisé à admettre que le délitement progressif, dans le sol, des grains de différentes grosseurs produira le même résultat. Ce qui importe, c'est de vérifier expérimentalement, par des cultures méthodiques, comment les choses se passent dans nos champs.

Tous nos lecteurs connaissent les expériences de P. Wagner et de Mærcker, sur la relation qui existe entre la solubilité des scories dans le citrate acide d'ammoniaque et leur action sur la végétation. Les directeurs des stations agronomiques de Darmstadt et de Halle étaient arrivés à conclure à un certain parallélisme entre la solubilité au citrate et la valeur fertilisante des scories. De là à adopter, pour base des contrats de vente des scories, la teneur de ces dernières en acide phosphorique soluble dans le réactif de Wagner, il n'y avait qu'un pas ; on a essayé de le franchir, et un certain nombre de marchés ont été conclus, en Allemagne notamment, d'après cette donnée analytique.

En France, en Belgique et en Autriche, ce mode de vente a été combattu par les directeurs des stations agronomiques, non que nous le considérions comme mauvais en principe, mais, ainsi que nous l'avons dit, M. Petermann et moi, comme prématuré, la question n'étant pas suffisamment étudiée, ni sous le rapport cultural, ni sous le rapport analytique. M. P. Wagner lui-même, avant de devenir partisan enthousiaste de cette réforme dans les conventions du commerce, s'était prononcé à son sujet dans des termes que nous consi-

dérions alors et que nous considérons encore aujourd'hui comme l'expression de la vérité. Il écrivait en 1894 : « Je ne recommande nullement d'acheter les scories exclusivement d'après leur titre en acide phosphorique soluble dans le citrate. Cela serait un mode inexact et inapplicable. Inapplicable, parce que la méthode ne possède pas le degré de précision que les intéressés ont le droit d'exiger. Inexact, parce que la solubilité citrique d'une scorie n'est pas une expression nette et absolue de son effet, mais seulement une base approximative pour juger de sa valeur agricole. » Cette manière de voir est tout aussi juste aujourd'hui qu'il y a quatre ans, et les transactions doivent continuer à être, comme elles l'ont été jusqu'ici presque universellement, basées : 1° sur la teneur de la scorie en acide phosphorique total ; 2° sur son degré de finesse. Rien ne s'oppose à ce que le vendeur indique la teneur de la scorie en acide soluble dans le citrate, ainsi que beaucoup d'aciéries le font, mais seulement à titre de renseignement utile et sans la prendre pour base de la fixation des prix.

Les raisons sur lesquelles nous nous appuyions, il y a quatre ans, pour combattre l'adoption de la vente des scories sur la base de leur teneur en acide soluble au citrate, ont reçu une nouvelle consécration des expériences faites, dans l'année qui vient de finir, à la Station agronomique de Gembloux par MM. Petermann et Graftiau ; en Autriche, sous la direction de M. Meissl, enfin au champ d'expériences du parc des Princes. Je résumerai brièvement les résultats de ces divers essais qui montrent à quelles incertitudes et à quels dommages on exposerait les producteurs et les consommateurs de scories, en modifiant prématurément les règles actuellement appliquées aux transactions.

MM. Petermann et Graftiau ont répété, en 1897, les essais de culture faits en 1896 dans la serre expérimentale de Gembloux[1]. Une terre pauvre en acide phosphorique a reçu, dans divers vases, des quantités égales de ce principe fertilisant, sous forme de scories à teneurs très différentes en acide soluble dans le citrate, 37.6 p. 100 à 93.4 p. 100.

---

1. Voir, page 445, le mémoire de MM. Petermann et Graftiau.

Les plantes mises successivement en expérience dans chacun de ces vases ont été : l'avoine, la moutarde blanche et le froment.

Les conclusions qui se dégagent de la pesée des récoltes et de leur analyse, au point de vue de la quantité d'acide phosphorique utilisée par les plantes poussées dans la terre additionnée de scories à teneurs si différentes en acide phosphorique, sont les suivantes — je cite textuellement :

« S'il est vrai, d'une part, que le maximum d'avoine a été produit par la scorie la plus soluble dans le réactif Wagner (93 p. 100), il est à constater, d'autre part : 1° que la supériorité ne s'est manifestée ni dans la récolte de moutarde qui suivait, ni dans la seconde série d'essais avec le froment ; 2° que le minimum d'avoine et le minimum de froment ont été obtenus par des scories à solubilité élevée (88 et 76 p. 100), et 3° que, de l'ensemble de tous les résultats, ne ressort aucun rapport bien défini entre la cause et l'effet. Quant à l'acide phosphorique absorbé par la plante entière de froment, il est à remarquer que l'utilisation de l'acide phosphorique donné comme engrais n'a pas dépendu de la solubilité citrique du phosphate employé. En effet, avec le phosphate à 93 p. 100 de solubilité, l'utilisation par la plante a été de 30.8 p. 100 ; avec une scorie à 37.6 p. 100 seulement, la plante a absorbé 28.2 p. 100 d'acide phosphorique et ainsi de suite... Nous sommes donc d'avis, concluent MM. Petermann et Graftiau, que la solubilité citrique de l'acide phosphorique de la scorie, constitue une base d'estimation de la valeur commerciale qui est loin d'être en rapport avec l'effet produit par ce précieux engrais phosphaté. Cette base est donc *arbitraire* et, par conséquent, l'acheteur, en attendant mieux, doit continuer à exiger la garantie du titre en acide phosphorique total et celle d'une finesse de mouture suffisante. »

Il ne s'agissait à Gembloux — comme dans les recherches antérieures de MM. Wagner et Mærcker — que d'essais physiologiques faits dans des pots, sur de faibles quantités de terre. Nous allons voir que les nombreuses expériences exécutées en plein champ, l'an dernier, sur des parcelles plus ou moins étendues, ont conduit à des conclusions tout aussi favorables au maintien du mode actuel de vente des scories.

Le congrès annuel des directeurs des stations agronomiques autrichiennes avait mis la question à l'ordre du jour des travaux de ces établissements ; M. Meissl a rendu compte, en ces termes, dans la réunion d'avril 1897, des résultats constatés[1] :

Une série considérable d'expériences de fumure a été instituée à l'automne de 1895, avec le concours de praticiens, dans cinquante localités réparties dans presque toutes les provinces de l'empire. 162 parcelles ont été consacrées à ces essais qui ont été continués en 1896. Ces essais de culture avaient pour objet principal l'étude sur le terrain de la question, si importante pour la pratique, de l'action comparative de l'acide phosphorique des scories, soluble ou non dans le citrate acide. Dans un certain nombre de champs, on a, en outre, expérimenté, par comparaison, la valeur de la poudre d'os dégélatinée.

Toutes les parcelles ont reçu, en quantités égales, une fumure fondamentale composée de sulfate d'ammoniaque et de chlorure de potassium. Puis, on a répandu dans les trois parcelles devant servir de termes de comparaison une quantité d'acide phosphorique égale (120 kilogr. par hectare) fournie, pour la première parcelle, par une scorie à haut titre en acide soluble, 93.3 p. 100 ; pour la seconde, par une scorie à titre faible (50.6 p. 100) en soluble ; pour la troisième, par de la poudre d'os dégélatinée à 71.2 p. 100 d'acide soluble. Les résultats connus au mois d'avril dernier n'étaient encore qu'au nombre de 30. Sur ce nombre, un peu plus de moitié (17 sur 30) accusaient une plus-value en faveur des scories à haut titre de soluble, mais les excédents de récoltes étaient très peu élevés, de telle sorte que la moyenne générale des trente champs d'expérience s'en trouve à peine affectée, ainsi que le montre le tableau suivant, qui résume tous les essais.

Si l'on prend, pour termes de comparaison : la production totale, le rendement en grains et en paille de la parcelle témoin non fumée, de chaque localité, et qu'on l'égale à 100, voici les résultats

1. *Protokoll über die am 1. 2. und 3. April 1897 der Versammlung der Vertreter œsterreichischer Versuchs-Stationen.* Wien, 1897.



fournis par la moyenne des récoltes des trois parcelles en expérience :

	RÉCOLTE totale.	RENDEMENT en grains.	en paille.
	—	—	—
Scories à 93 p. 100 de soluble . . .	119	128	120
Scories à 50 p. 100 de soluble . . .	121	126	121
Poudre d'os dégélatinée	118	122	117

Les résultats de ces essais de culture, ajoute M. Meissl, sont particulièrement intéressants dans deux directions. D'abord en ce que les expériences faites en plein champ confirment l'assertion que la solubilité de l'acide phosphorique des scories dans le réactif de Wagner est un étalon infidèle de la valeur agricole de cet engrais ; en second lieu, ces expériences infirment l'opinion émise relativement au peu de valeur fertilisante de la poudre d'os dégélatinée.

Au printemps de 1897, j'ai institué au parc des Princes des expériences qui devront être poursuivies pendant plusieurs années avant que j'en tire des conclusions fermes. Mais la question étant à l'ordre du jour, dans la pensée de provoquer sur d'autres points du pays des essais du même genre, je vais indiquer les conditions dans lesquelles je me suis placé et les résultats de ma première année d'expériences, qui prouvent combien il est prudent d'attendre avant de modifier le régime d'achat des scories.

La parcelle XIX du champ du parc des Princes a été consacrée à des essais comparatifs de scories de finesse égale, mais de titres très diffférents en acide phosphorique total et en acide phosphorique soluble. Cette parcelle n'avait pas reçu de fumure phosphatée depuis six ans. En 1896, on ne lui avait donné aucun engrais ; elle se trouvait donc dans des conditions favorables à l'étude de l'influence de l'acide phosphorique sur la récolte.

Dans les derniers jours d'avril 1897, on a délimité, dans la grande parcelle XIX, quatre parcelles de superficie égale. Nous les désignerons pour simplification par les lettres A, B, C, D. Chacune d'elles a reçu, avant le labour, les quantités suivantes, rapportées à l'hectare, d'acide phosphorique, d'azote et de potasse :

Acide phosphorique.	150 kilogr.
Potasse[1]	200 —
Azote[2].	45 —

1. Sous forme de kaïnite.

2. A l'état de nitrate de soude.

Les scories qui ont servi à donner l'acide phosphorique à ces quatre parcelles ont été choisies, à dessein, de teneurs très différentes en acide soluble au citrate ; le tableau ci-dessous indique la richesse centésimale en acide phosphorique total et la teneur en acide soluble au citrate ; la troisième colonne fait connaître la proportion centésimale d'acide soluble rapportée au taux d'acide total.

	ACIDE PHOSPHORIQUE total.	ACIDE PHOSPHORIQUE soluble au citrate.	RAPPORT de l'acide soluble à l'acide total.
	p. 100	p. 100	p. 100
Parcelle A	21.12	7.93	37.5
— B	13.44	7.55	56.17
— C	18.69	12.41	66.39
— D	18.30	16.51	90.20

On a choisi, pour la plantation de ces parcelles, trois plantes appartenant à des familles végétales différentes : une graminée, maïs-caragua ; une légumineuse, haricots d'Alger ; une solanée, une pomme de terre (prince-de-Galles). Un tiers de chaque parcelle a été consacré à chacune de ces plantes. Le principe essentiel à tout essai de ce genre, à savoir qu'il ne faut faire varier qu'une seule des conditions de l'expérience, a été appliqué. Chacune des parcelles ayant reçu même quantité d'acide phosphorique total, d'azote et de potasse, la seule condition variable a été la proportion d'acide phosphorique soluble apporté pas la scorie. L'écart entre les teneurs extrêmes des scories et ce composé était très grand : 52.71 p. 100 [90.2 p. 100 — 37.5 p. 100] ; on pouvait donc s'attendre, si la relation établie par MM. Wagner et Mærcker entre la solubilité et l'assimilabilité du phosphate est réelle, à trouver des différences considérables dans les récoltes des trois plantes.

Je réunis, dans le tableau ci-dessous, les résultats des pesées faites immédiatement après l'enlèvement de la récolte de chaque plante (les récoltes sont calculées à l'are).

PARCELLES.		HARICOTS.	POMMES de terre.	MAÏS-fourrage.
	p. 100	kilogr.	kilogr.	kilogr.
A	37.05 soluble.	70,0	158,2	514
B	56.17 —	68,4	184,3	555
C	66.39 —	65,6	203,6	647
D	90.20 —	104,2	246,3	672
Témoins sans engrais		27,8	78,3	361

Le premier fait qui ressort de la comparaison de ces chiffres, c'est la diversité des écarts que présentent les poids des récoltes suivant la nature de la plante cultivée. Examinons-les rapidement. *Haricots :* la parcelle A a fourni, malgré le titre peu élevé de la scorie en soluble, une récolte supérieure à celles de chacune des parcelles B et C ; l'influence du taux d'acide soluble ne s'est manifestée, pour cette légumineuse, que dans la parcelle D, fumée avec une scorie à 90 p. 100 de soluble.

Pour la *pomme de terre* et pour le *maïs géant,* les choses se sont passées différemment : les rendements des parcelles ont été plus élevés à mesure que le taux de la scorie en acide soluble dans le citrate l'était lui-même, résultat qui semblerait favorable à l'opinion de P. Wagner. Mais si la présence d'acide soluble a coïncidé pour le maïs et pour la pomme de terre avec l'élévation des rendements, contrairement à ce qui s'est produit pour les haricots, il s'en faut que l'accroissement des récoltes ait été *proportionnel* à l'augmentation du titre en soluble des scories employées ; c'est ce que montre nettement le tableau suivant, dans lequel, prenant pour unité (égale à 100) les récoltes de haricots, de pommes de terre et de maïs obtenues dans la parcelle D, qui a reçu la scorie la plus riche en phosphate soluble (90.2 p. 100), se trouve indiqué le rapport centésimal des teneurs des autres scories en acide soluble et celui des récoltes correspondantes :

	HARICOTS.	POMMES de terre.	MAÏS.
	—	—	—
D. Scories à 90 p. 100	100	100	100
C. Scories à 66.39 p. 100. . . .	62.9	82.6	97.6
B. Scories à 56.17 p. 100. . . .	65.6	75.8	82.6
A. Scories à 37.5 p. 100	67.2	64.3	72.9

On est autorisé d'après cela à conclure, comme je l'ai déjà fait, que, même dans la première année de fumure, il n'y a en ce qui regarde la composition des scories et les récoltes qu'elles fournissent, aucune corrélation étroite à établir entre la solubilité de l'acide phosphorique au citrate acide et son assimilation par la plante.

Pour les haricots, la scorie à 37.02 p. 100 de soluble a donné une récolte plus élevée que la scorie à 66.4 p. 100. Pour le maïs, un écart de 23.6 p. 100, soit près du quart dans la teneur des scories

des parcelles D et C, n'a produit qu'un excédent de récolte de 2.4 p. 100.

Je suis donc en droit de conclure qu'il n'y a pas lieu de modifier la base adoptée jusqu'ici pour l'achat des scories et qu'il est prudent de s'en tenir à la fixation du prix d'après la teneur en acide phosphorique en exigeant une garantie de finesse de mouture. Il ne faut pas d'ailleurs oublier que les scories à faible teneur en acide phosphorique soluble au citrate sont de beaucoup les moins nombreuses, au moins dans les produits des aciéries qui alimentent l'agriculture française. Les analyses accusent presque toujours 60 à 65 p. 100 d'acide phosphorique soluble, et très souvent 70 à 80 p. 100 et audessus.

Il n'y a donc, pour l'instant, rien de mieux à faire que de poursuivre expérimentalement l'étude de la question.

Si, ce qui n'est pas, il était démontré que la valeur agricole d'une scorie est proportionnelle à sa teneur en phosphate soluble dans le citrate acide, il est clair qu'on pourrait trouver dans le dosage de ce dernier une base équitable des transactions : encore faudrait-il tenir compte, dans la fixation du prix, de la quantité d'acide phosphorique insoluble dont la proportion atteint et dépasse même souvent le quart ou la moitié de l'acide soluble. Ce mode de vente entraînerait des difficultés pratiques, mais on arriverait à les vaincre, si l'équité exigeait qu'on l'adoptât pour sauvegarder à la fois les intérêts du vendeur et ceux de l'acheteur.

Le point capital, c'est d'établir d'une façon précise si, oui ou non, la solubilité dans le citrate donne la mesure de l'utilisation du phosphate des scories pour les récoltes. Avant qu'on se décide à modifier la base des contrats, il faut trancher la question par des expériences culturales assez nombreuses, méthodiquement suivies et suffisamment prolongées. Ces expériences doivent être nombreuses, dis-je, parce que l'action exercée par le sol sur ces matières fertilisantes est variable d'un terrain à un autre ; il faut qu'elles soient méthodiquement suivies pour écarter, autant que possible, les causes d'erreurs, enfin il est nécessaire de les prolonger pendant un temps assez long pour qu'on puisse constater si, une proportion plus ou moins grande, la totalité peut-être, de l'acide phosphorique, insoluble au

début de l'essai dans le citrate acide, ne se montrera pas aussi assimilable, au bout d'un certain temps, que l'aura été l'acide soluble.

Une dernière remarque. Quand on se trouve en présence de divergences dans les résultats culturaux observés par des expérimentateurs également habiles et consciencieux, il faut se garder, pour expliquer ces différences, d'invoquer, dans l'ignorance où nous sommes de leurs causes, la possibilité d'exceptions qui, suivant le vieil adage, confirmeraient la règle : il n'y a pas d'exceptions, à proprement parler, dans les phénomènes naturels : il n'y a que des différences dans les conditions qui accompagnent la production des phénomènes. C'est à définir ces conditions qu'il faut s'attacher, afin d'en déduire les règles sur lesquelles le praticien devra s'appuyer. L'expérience seule peut conduire à la solution.

Dans son admirable *Introduction à la médecine expérimentale,* Claude Bernard, auquel on doit la démonstration éclatante de cette vérité, a posé le principe scientifique du *déterminisme,* dans des termes dont ne sauraient trop se pénétrer les expérimentateurs et, en particulier, les agronomes :

« Il faut admettre, dit-il, comme un axiome expérimental que chez les *êtres vivants aussi bien que dans les corps bruts, les conditions d'existence de tout phénomène sont déterminées d'une manière absolue.* Ce qui veut dire, en d'autres termes, que la condition d'un phénomène une fois connue et remplie, le phénomène doit se reproduire toujours et à la volonté de l'expérimentateur. La négation de cette proposition ne serait rien autre chose que la négation de la science même. En effet, la science n'étant que le déterminé et le déterminable, on doit forcément admettre comme axiome que, dans des conditions identiques, tout phénomène est identique et qu'aussitôt que les conditions ne sont plus les mêmes, le phénomène cesse d'être identique. Ce principe est absolu, aussi bien dans les phénomènes des corps bruts que dans ceux des corps vivants et l'influence de la vie, quelle que soit l'idée qu'on s'en fasse, ne saurait rien y changer. »

Les divergences d'opinion touchant la valeur alimentaire pour la plante de telle ou telle matière fertilisante, la difficulté de prévoir et d'évaluer à l'avance l'action des engrais sur les récoltes n'ont pas d'autre cause que l'ignorance où nous sommes presque toujours du

déterminisme des conditions naturelles en face desquelles se trouve placé l'agriculteur.

Les facteurs de la production végétale, de même que ceux de la fertilité d'une terre sont nombreux et variables d'une plante et d'un sol aux autres. L'expérience directe fondée, d'une part, sur la connaissance expérimentale aussi complète que nous pouvons l'acquérir des propriétés physiques et chimiques de la terre arable, de l'autre sur les exigences en principes nutritifs de la plante qu'on y veut cultiver. Voilà les éléments qui nous permettront, en tenant compte de la composition et de l'état des matières fertilisantes, de décider de la meilleure application à faire de ces dernières.

En ce qui touche les exigences minérales des plantes, nous sommes assez avancés pour prévoir les quantités de chacun des aliments que nous devons leur fournir pour obtenir des récoltes maxima. Si toutes les terres en culture avaient une constitution et une composition chimique identiques, le problème des hauts rendements serait singulièrement simplifié. Malheureusement, il n'en est point ainsi, et les cultivateurs sont en présence des sols les plus variés et dans lesquels les mêmes substances fertilisantes ne sont pas mises de la même manière à la disposition du végétal, d'où résultent des divergences parfois très considérables dans les rendements. Ces divergences ne sont point imputables au hasard ; elles tiennent à l'absence de déterminisme des conditions de la végétation dans des sols différents et diversement fumés.

Ces réflexions s'appliquent tout particulièrement à l'étude du rôle de l'acide phosphorique dans la végétation ; des expériences multipliées dans des conditions bien définies et suffisamment prolongées pourront seules nous éclairer. On ne saurait trop encourager les agriculteurs à les tenter.

EXISTE-T-IL UNE RELATION CONSTANTE

ENTRE LA

SOLUBILITÉ DES SCORIES DE DÉPHOSPHORATION

DANS LE CITRATE D'AMMONIAQUE ACIDE

ET LE POIDS DE LA RÉCOLTE PRODUITE?

PAR MM.

A. PÉTERMANN
DIRECTEUR

J. GRAFTIAU
CHEF DES TRAVAUX

A LA STATION AGRONOMIQUE DE GEMBLOUX

A la suite d'expériences entreprises par M. Wagner et par M. Maercker, la plupart des producteurs de scories de déphosphoration essayent de remplacer l'ancienne base de vente de cet excellent engrais phosphaté — garantie du degré de finesse de mouture et du titre en acide phosphorique soluble dans les acides minéraux — par la garantie en acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque acide. L'agriculture européenne consommant près de 1 milliard de kilogrammes de scories[1], vendues partout sur analyse, on comprend combien un changement des bases de transaction doit vivement émouvoir, non seulement les vendeurs et les acheteurs, mais aussi les chimistes agricoles appelés à guider le cultivateur et les analystes chargés de déterminer la richesse de la marchandise livrée. Aussi les appels à la prudence dans l'application immédiate de

1. *L'Engrais*, 1897.

la nouvelle méthode d'appréciation de la valeur des scories n'ont-ils pas manqués.

M. Wagner lui-même, avant de devenir partisan enthousiaste de la nouvelle méthode, écrivait[1] : « Je ne recommande nullement d'acheter les scories exclusivement d'après leur titre en acide phosphorique soluble dans le citrate. Cela serait un mode inexact et inapplicable. Inapplicable, parce que la méthode ne possède pas le degré de précision que les intéressés ont le droit d'exiger. Inexact, parce que la solubilité citrique d'une scorie n'est pas une expression nette et absolue de son effet, mais seulement une base approximative pour juger de sa valeur agricole. »

Dès 1894, et en ce qui concerne le marché belge, nous avons combattu la réforme proposée non comme mauvaise en principe, mais comme prématurée, la question n'étant pas suffisamment étudiée, ni sous le rapport cultural, ni sous le rapport analytique. De leur côté, les directeurs des laboratoires de l'État belge ont publié en 1895 la déclaration suivante :

« Le dosage de l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque acide, dont les journaux agricoles ont déjà parlé, sera exécuté d'après la méthode de Wagner chaque fois que l'expéditeur le demande ; mais l'assemblée a été unanime à déclarer comme prématuré de baser, dès maintenant, la vente des scories sur leur titre en acide phosphorique soluble dans le citrate acide. On fera, par conséquent, sur le bulletin d'analyse même, des réserves quant à l'exactitude du dosage demandé et quant à son utilité. »

Cette réserve prudente est partagée par M. Grandeau, de Paris, M. Liebermann, de Budapest, et M. Meissl, de Vienne. De plus, l'insuffisance scientifique de la méthode au citrate acide appliquée à l'analyse des scories a fait le sujet de plusieurs publications que l'on trouve résumées dans une brochure de M. Dubbers[2].

Aussi, l'application du nouveau mode de vente est-elle, en Allemagne même, loin d'être aussi générale qu'on voudrait le faire croire aux cultivateurs. La station agricole de Marburg[3] a analysé

1. *Düngungsfragen*, 1894, p. 25.
2. *Ueber Citratlöslichkeit der Thomasschlacken*. Francfort, 1897.
3. Dietrich, *Jahresbericht der Versuchsstation Marburg*.

l'année dernière 464 scories, dont 68 seulement ont été achetées sur la base de la solubilité citrique ; à la station de Halle[1], le nombre d'échantillons a été respectivement de 989 et de 320.

Afin de contribuer par des expériences personnelles à la solution de la question de savoir : *si la relation entre la solubilité citrique des scories et leur valeur agricole, relation constatée par plusieurs auteurs, a une portée générale et doit, par conséquent, être admise comme base commerciale,* nous nous sommes procuré, au commencement de 1896, onze échantillons de scories dont la solubilité citrique présente un grand écart. C'est avec intention que nous ne les avons pas recueillis au hasard, mais que nous nous sommes adressés à l'industrie intéressée même pour les obtenir. Les « Rheinisch-Westfälische Thomasphosphatfabriken » à Cologne ont eu l'obligeance de répondre à notre demande, en nous adressant les scories 1 à 10, la onzième est un produit de l'industrie belge. Le tableau suivant établit leur composition d'après les analyses faites par M. l'assistant Hendrick :

	ACIDE phosphorique soluble dans les acides minéraux.	ACIDE phosphorique soluble dans le citrate Wagner.	SOLUBILITÉ citrique p. 100 de l'acide phosphorique total.	CHAUX libre.	ACIDE silicique soluble dans les acides minéraux.	FINESSE de mouture au tamis normal (0m,017 d'ouverture de mailles).	POIDS de scories correspondant à la fumure de 0gr,8 d'acide phosphorique.
	p. 100	p. 100					gr.
I . . .	17.10	15.97	93.4	0.84	9.27	95.0	1,754
II . . .	21.47	8.08	37.6	5.67	3.24	79.4	1,397
III . . .	19.00	13.13	69.1	3.76	7.81	77.0	1,579
IV . . .	20.77	14.73	70.9	5.30	8.18	87.5	1,444
V . . .	19.17	15.16	79.1	5.02	7.28	90.3	1,565
VI . . .	18.66	16.46	88.2	3.89	8.51	97.2	1,608
VII . . .	18.76	15.71	83.7	5.07	5.97	98.9	1,600
VIII . . .	18.66	15.57	83.4	5.00	5.91	99.9	1,608
IX . . .	18.85	15.82	83.9	5.09	6.09	99.9	1,592
X . . .	13.43	10.25	76.3	4.90	6.86	87.4	2,234
XI . . .	16.23	9.83	60.6	5.04	4.97	79.4	1,848

1. Maercker, *Jahrbuch der Versuchsstation Halle.*

En tenant compte de leur titre en acide phosphorique soluble dans les acides minéraux et de leur finesse de mouture, nous constatons que toutes les scories analysées — sauf le n° X — sont de bons produits commerciaux : la richesse en acide phosphorique dépasse 16 p. 100 et la proportion de poudre fine 75 p. 100. Mais leur solubilité dans le citrate d'ammoniaque acide, préparé d'après Wagner, varie sensiblement : du minimum de 37 au maximum de 93 p. 100.

Comme nous l'avons conseillé dès 1886, le dosage de la chaux *libre* a été fait en épuisant en plusieurs opérations 5 grammes de scories par 150 centimètres cubes d'eau exempte d'acide carbonique, renfermant 20 p. 100 de saccharose. La richesse en oxyde calcique varie de 0.84 à 5.67 p. 100 et, chose intéressante à constater, la solubilité citrique est en proportion inverse du titre en chaux :

	OXYDE calcique.	SOLUBILITÉ citrique de l'acide phosphorique.
	—	—
	p. 100	p. 100
Minimum	0.84	37.6
Maximum	5.67	93.4

Mais il existe également un rapport entre le taux en silice et la solubilité citrique des scories :

	SILICE soluble.	SOLUBILITÉ citrique de l'acide phosphorique.
	—	—
	p. 100	p. 100
Minimum	3.24	37.6
Maximum	9.27	93.4

De ce qui précède, il résulte clairement que la relation entre la chaux, la silice et la solubilité citrique de l'acide phosphorique repose tout simplement sur un phénomène de saturation de l'acide citrique libre du réactif employé. Une scorie riche en silice, par conséquent pauvre en chaux libre, laisse intacte la presque totalité de l'acide citrique qui, sans entrave, peut exercer son action dissolvante sur le phosphate. Le contraire a lieu lorsqu'on traite, d'après

Wagner, un phosphate Thomas pauvre en silice et riche en chaux. Les scories de cette nature donnent un faible rendement par la méthode Wagner, moins parce que leur acide phosphorique se trouve dans un état chimique spécial, défavorable à leur solubilité, mais plutôt parce que la composition du réactif employé, autrement dit son acidité, n'est pas la même que lorsqu'il agit sur une scorie riche en chaux. C'est pour cette raison que le procédé industriel de Hoyerman, consistant à ajouter de la silice à la scorie en fusion, est absolument juste. C'est encore pour cette raison que M. Dubbers et que M. Paturel[1] ont pu constater, en employant un excès de citrate d'ammoniaque acide, que toutes les scories fournissent finalement une solubilité citrique très élevée et sensiblement égale.

Essais de 1896.

La méthode expérimentale suivie est celle que nous avons adoptée pour toutes nos recherches antérieures entreprises dans la serre[2]. Nous y renvoyons pour la description de l'installation des bocaux, de l'application des engrais, du mode d'arrosage, etc. Nous répétons seulement que le sol, de nature sablo-argileuse, renferme $0^{gr},65$ par kilogramme d'acide phosphorique soluble dans l'acide chlorhydrique à froid.

Notes de culture. — 6 avril : emplissage des pots avec 4 kilogr. de terre pour chacun, application des engrais : $0^{gr},25$ d'azote à l'état de nitrate de soude, $0^{gr},20$ de potasse anhydre à l'état de kaïnite et $0^{gr},30$ d'acide phosphorique anhydre à l'état de scories Thomas.

Notre étude ayant en vue l'essai comparatif de 11 scories de composition différente et chaque expérience comprenant 4 pots absolument sous le même régime, la culture de 1896 comptait en tout 52 essais, lorsque aux 44 pots fumés à l'acide phosphorique on ajoute 4 pots sans engrais aucun et 4 pots avec azote et potasse seulement.

1. *Annales agronomiques*, 1896.
2. *Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture*, t. I et t. II.

6 mai : plantation de 12 grains d'avoine géante à grappes par pot ; — 11 mai : levée générale ; — 15 mai : on supprime 6 plants par pot, en laissant les 6 plus vigoureux ; — 29 juin : commencement de l'épiage ; — 24 juillet : les épis commencent à mûrir ; — 6 août : récolte.

On a fait suivre la culture principale d'une culture dérobée de moutarde blanche. A cette fin, les pots ont été vidés, le contenu de chacun mélangé isolément et remis en place. 13 août : semaille de 16 graines de moutarde blanche ; — 16 août : levée ; — 19 août : démariage en laissant 6 plants par pot ; — 31 août : les boutons apparaissent ; — 10 septembre : floraison ; — 17 octobre : récolte. Les produits (plantes entières) des 4 pots uniformément traités ont été réunis et pesés après leur dessiccation à l'air.

Récolte de 1896.

NUMÉROS des pots.	FUMURE.	RÉCOLTE TOTALE en avoine séchée à l'air des 4 pots identiquement traités.		LA RÉCOLTE des pots à l'azote et à la potasse = 100, ceux ayant reçu en outre de l'acide phosphorique =.		SOLUBILITÉ citrique des scories expérimentées.	RÉCOLTE dérobée de moutarde séchée à l'air, plantes entières.	LA récolte des pots à l'azote et à la potasse = 100, ceux ayant reçu en outre de l'acide phosphorique =.
		Grains.	Paille et balles.	Grains.	Paille et balles.			
		gr.	gr.				gr.	
1, 2, 3, 4.	Sans engrais.	44,5	86,5	»	»	»	8,1	»
5, 6, 7, 8.	Azote + Potasse.	51,1	102,7	100	100	»	15,0	100
9, 10, 11, 12.	Id. + Scories 1	64,8	131,3	127	128	93.4	17,8	119
13, 14, 15, 16.	— 2	60,9	123,0	119	120	37.6	15,9	106
17, 18, 19, 20.	— 3	61,5	123,8	120	121	69.1	18,2	121
21, 22, 23, 24.	— 4	63,6	125,4	124	122	70.9	18,5	123
25, 26, 27, 28.	— 5	62,2	121,0	122	118	79.1	17,3	115
29, 30, 31, 32.	— 6	58,0	118,2	113	115	88.2	16,3	109
33, 34, 35, 36.	— 7	63,1	126,3	124	123	83.7	15,9	106
37, 38, 39, 40.	— 8	59,4	121,0	116	118	83.4	18,7	125
41, 42, 43, 44.	— 9	61,3	124,4	120	121	83.9	17,4	116
45, 46, 47, 48.	— 10	58,9	117,7	115	115	76.3	19,0	127
49, 50, 51, 52.	— 11	62,9	124,8	123	122	60.6	15,6	104

Essais de 1897.

Les essais de 1897 sont une répétition, pour contrôle, de ceux de 1896 ; aussi toutes les données expérimentales relatées ci-devant s'appliquent-elles à la nouvelle série de culture. Nous avons seulement remplacé l'avoine par une plante de végétation plus longue : le blé de Bordeaux.

Notes de culture. — 26 février : préparation des pots ; — 27 février : plantation de 12 graines préalablement chaulées au sulfate de cuivre ; — 8 mars : commencement de la levée ; — 14 mars : levée complète ; — 18 mars : suppression de 6 plants par pot ; — 31 mai : sortie des épis ; — 9 juin : floraison ; — 28 juillet : récolte.

Après la pesée des épis et de la paille y compris les balles, on a dosé l'acide phosphorique dans un échantillon moyen formé avec les récoltes des 4 pots traités identiquement.

Les matières végétales riches en amidon, ou en graisse ou en sucre, ne laissant pas dans leurs cendres la totalité de l'acide phosphorique absorbé, une partie quelquefois sensible étant réduite et volatilisée, nous avons désagrégé le froment par l'acide sulfurique d'après Kjeldahl, en oxydant finalement par quelques gouttes d'acide nitrique fumant et en supprimant l'emploi du mercure. Les résultats de ces dosages, exécutés par M. Grégoire, chef des travaux à la station agronomique, se trouvent inscrits dans le tableau ci-après, renseignant également le poids de la récolte.

Si, pour la clarté de ce tableau, comme de celui des essais avec l'avoine de l'année précédente, nous n'y avons fait figurer que le rendement total obtenu par les 4 pots se trouvant sous le même régime, nous tenons à constater que les écarts entre le maximum et le minimum du poids des graines produit par chacun des 4 pots composant la même série, n'ont pas dépassé la valeur de 2.5 p. 100. C'est cette erreur inévitable d'expérimentation que nous avons toujours constatée dans nos recherches en serre depuis 1872, sauf dans les années 1883 et 1884, où elle atteint respectivement 3.0 et 2.9 p. 100.

Ces chiffres — qui se réduisent du reste de moitié lorsqu'on prend

Récolte de 1897.

NUMÉROS DES POTS.	FUMURE.	RÉCOLTE TOTALE en froment séché à l'air des 4 pots identiquement traités.		LA RÉCOLTE des pots à l'azote et à la potasse = 100, ceux ayant reçu en outre de l'acide phosphorique =.		SOLUBILITÉ citrique.	ACIDE phosphorique absorbé.		ACIDE phosphorique total contenu dans la récolte.	ACIDE phosphorique utilisé en p. 100 de l'acide phosphorique donné.	
		Grains.	Paille et balles.	Grains.	Paille et balles.		Grains.	Paille balles.			
		gr.	gr.				p. 100	p. 100	gr.	p. 100	
1, 2, 3, 4	Sans engrais.	77,1	153,0	»	»	»	1.04	0.07	0,91	8.8	Du sol.
5, 6, 7, 8	Azote + Potasse.	86,8	186,4	100	100	»	0.97	0.08	0,99	9.5	
9, 10, 11, 12	Id. + Scories 1	108,3	219,5	125	117	93.4	0.99	0.13	1,36	30.8	Acide phosphorique des scories.
13, 14, 15, 16	— 2	102,0	197,8	117	106	37.6	1.08	0.11	1,33	28.2	
17, 18, 19, 20	— 3	107,9	206,4	124	111	69.1	1.04	0.09	1,31	26.7	
21, 22, 23, 24	— 4	102,6	206,2	118	111	70.9	1.17	0.13	1,47	40.0	
25, 26, 27, 28	— 5	107,4	215,8	124	116	79.1	1.07	0.16	1,50	42.5	
29, 30, 31, 32	— 6	100,2	201,7	115	108	88.2	1.17	0.16	1,50	42.5	
33, 34, 35, 36	— 7	110,0	219,7	127	117	83.7	1.13	0.14	1,55	46.7	
37, 38, 39, 40	— 8	108,5	199,9	125	107	83.4	1.12	0.15	1,52	44.2	
41, 42, 43, 44	— 9	105,9	213,0	122	114	83.9	1.05	0.15	1,43	36.7	
45, 46, 47, 48	— 10	99,3	198,8	114	106	76.3	1.09	0.10	1,28	24.2	
49, 50, 51, 52	— 11	101,0	204,4	116	110	60.6	1.09	0.11	1,33	28.3	

comme base de comparaison, non l'écart entre le maximum et le minimum, mais bien leur déviation de la moyenne des 4 pots — parlent en faveur de l'exactitude de notre méthode expérimentale.

Conclusions.

Dans un sol sablo-argileux, titrant $0^{gr},65$ par kilogramme d'acide phosphorique soluble dans les acides minéraux et enrichi en azote et en potasse, l'augmentation du poids d'une récolte d'avoine et de moutarde (1896) et d'une récolte de froment (1897) n'a pas montré une relation constante avec la solubilité citrique de l'acide phosphorique des scories de déphosphoration appliquées.

S'il est vrai, d'une part, que le maximum d'avoine a été produit par la scorie Thomas la plus soluble dans le réactif de Wagner (93 p. 100), il est à constater, d'autre part : 1° que cette supériorité ne s'est manifestée, ni dans la récolte de moutarde qui suivait, ni dans la seconde série d'essais avec le froment ; 2° que le minimum d'avoine et le minimum de froment ont été obtenus par des scories également à solubilité élevée (88 et 76 p. 100) et 3° que, de l'ensemble de tous les résultats, ne ressort aucun rapport bien défini entre la cause et l'effet.

Quant à l'acide phosphorique absorbé par la plante entière de froment, il est à remarquer que, dans nos essais, l'utilisation de l'acide phosphorique donné comme engrais, n'a pas dépendu de la solubilité citrique du phosphate employé. En effet, nous avons obtenu les chiffres suivants :

SOLUBILITÉ citrique par ordre décroissant.	COEFFICIENT d'utilisation de l'acide phosphorique.
p. 100	p. 100
93.4	30.8
88.2	42.5
83.9	36.7
83.7	46.7
83.4	44.2
79.1	42.5
76.3	24.2
70.9	40.0
69.1	26.7
60.6	28.3
37.6	28.2

Nous sommes donc d'avis que la solubilité citrique de l'acide phosphorique de la scorie Thomas constitue une base d'estimation de sa valeur commerciale qui est loin d'être toujours en rapport avec l'effet produit par ce précieux engrais phosphaté. Cette base est donc *arbitraire* et par conséquent l'acheteur, en attendant mieux, doit continuer à exiger la garantie du titre en acide phosphorique total et celle d'une finesse de mouture suffisante.

INFLUENCE DES FORÊTS

SUR LES EAUX SOUTERRAINES

(Excursion hydrologique de 1895 dans les forêts des steppes)

PAR

P. OTOTZKY[1]

CONSERVATEUR DU MUSÉE MINÉRALOGIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE SAINT-PÉTERSBOURG

Au cours d'une excursion hydrologique faite en 1891 dans les domaines du comte Woronzoff, je me heurtai contre un fait extraordinaire : je ne trouvai pas d'eaux souterraines dans les forêts de ces domaines. Je pratiquai une série de sondages en remontant la pente, sans trouver d'eau. Le dernier trou de sonde était à 250 mètres du champ (clairière) où se trouvait un puits assez abondant. L'eau, dans ce dernier, reposait sur une couche d'argile bleue, tandis que dans le trou ci-dessus mentionné je ne constatai pas d'eau sur cette même couche.

Le même fait s'est répété dans une autre forêt située à 40 kilomètres au sud de la première. On a fait des trous de sondage de-ci

1. Nous devons la traduction de ce travail, publié à Saint-Pétersbourg en 1896, à M. Schrayer, étudiant russe de l'Université de Nancy, auquel nous adressons nos remerciements. (*Rédaction.*)

En me joignant à ces remerciements, de mon côté, j'envoie mon cordial *spassibo* (merci) russe au professeur *Henry*, à l'initiative et à l'amabilité duquel je dois le grand plaisir de partager mes modestes observations avec les Français. (*L'auteur.*)



de-là dans les forêts, soit sur les pentes, soit en terrain horizontal sans trouver d'eau, et cependant les forêts étaient entourées de sources provenant de deux niveaux.

Je ne savais que penser et n'osais m'arrêter à cette idée hardie que c'était la forêt qui asséchait le sol, bien qu'on eût déjà publié des observations sur le pouvoir asséchant des forêts et qu'on sût que dans la couche où plongent les racines des arbres le sol est toujours plus sec que dans les terres nues. Mais ces observations ne concernaient que de faibles profondeurs.

Deux ans plus tard, en 1893, je constatai un fait identique. Des études hydrologiques faites dans la partie orientale d'une forêt domaniale (forêt Chipoff) ont montré que la forêt est moins riche en eaux souterraines que les steppes environnantes. Comme ici le phénomène était des plus nets et que j'avais déjà publié une série d'études sur ce sujet (1894) en décrivant la forêt Chipoff, je me suis permis de hasarder l'hypothèse d'une influence des forêts sur l'abaissement du niveau des eaux souterraines, ajoutant que des études complémentaires étaient nécessaires avant qu'on pût généraliser cette relation.

L'honneur de l'initiative, pour la solution de cette question, revient à la Société libre économique qui entreprit, en 1895, une expédition hydrologique spéciale dans les forêts des steppes et m'en confia la direction.

C'est dans ce but que j'ai visité les forêts Chipoff et Semionoff (gouvernement de Voronej), la forêt Noire (gouvernement de Kherson) et les forêts de Khvalynsk (gouvernement de Saratov).

Je ne parlerai ici que des forêts Chipoff et Noire où j'ai travaillé le plus longtemps ; dans les autres, j'ai simplement vérifié les faits.

Forêt Chipoff.

Cette forêt, située dans le gouvernement de Voronej, a été choisie parce que je la connaissais déjà partiellement, ainsi que ses alentours, grâce à mes excursions précédentes, mais surtout parce qu'elle est typique, à tous les points de vue, pour l'est et le sud-est des steppes russes.

Les traits généraux de toute la partie orientale de la forêt sont déjà donnés dans mon travail de 1894 ; ils peuvent s'appliquer aussi à la partie occidentale où furent concentrés les travaux de l'expédition de 1895.

Elle est formée de peuplements feuillus d'âge moyen (60-80 ans) ; il n'y a plus que quelques vieux arbres du temps de Pierre le Grand qui tira de cette forêt les bois nécessaires à la construction de la flotte de la mer d'Azov.

La composition géologique de cette partie occidentale est la même que celle de la partie orientale et des steppes avoisinantes. Immédiatement au-dessous du sol vient de l'argile morainique rouge avec galets ; dans cette argile est interstratifiée une légère couche de sable. Plus bas on trouve des sables gris tertiaires peu épais, puis, à nouveau, de l'argile tertiaire verte, très épaisse et très compacte ; au-dessous des sables gris phosphatés d'âge problématique et enfin la craie. En de rares points la dénudation a enlevé toutes les couches jusqu'à la craie.

Sur la steppe, dans toutes ces couches de sable et bien souvent dans les horizons inférieurs de l'argile, on trouve de l'eau à trois niveaux : le premier, peu abondant, dans l'argile morainique, le second, très abondant, dans le sable tertiaire, le troisième au-dessus de la craie.

Dans les forêts, le premier niveau manque complètement ; le second, quand il ne manque pas, est très pauvre et situé plus bas. Je ne puis rien dire du troisième, parce que les trous de sondage ne l'ont pas atteint.

Ce qui frappe tout d'abord, c'est la diminution brusque du nombre des sources dans la forêt.

Sur tout ce vaste espace, qui a une surface de 110 kilomètres carrés, il n'y a que trois sources et fort peu abondantes.

La pauvreté de la forêt en sources est indiscutable et ce fait est d'autant plus saisissant qu'autour d'elle l'eau abonde. En sortant de la forêt, si l'on marche dans la steppe vers le nord ou vers l'ouest, on trouve partout des sources et des puits toujours remplis d'eau, bien que les paysans en consomment d'énormes quantités pour leurs jardins. Il est curieux de constater que les puits se remplissent par

de l'eau venant des steppes; il n'en vient pas de la forêt. On a vu des cas où cette eau de la steppe affluait en telle abondance qu'elle débordait jusque dans la forêt; jamais le fait inverse ne s'est produit.

Dans le 69e carré on rencontre une source; mais elle prend son origine dans la steppe et le ruisseau auquel elle donne naissance disparaît en forêt après un parcours de 500 à 600 mètres.

Parmi les 24 puits qu'on trouve, soit dans la forêt, soit sur ses bords, 3 seulement sont en forêt, sous des arbres; tous les autres sont hors de la forêt, souvent à quelques mètres seulement. Est-ce un hasard? Une si faible distance peut-elle avoir un effet?

Disons d'abord, avant toute explication, qu'il est bien reconnu qu'on trouve toujours les puits hors des forêts. Tous les ouvriers attestent le fait, en s'en étonnant, et affirment que, chaque fois qu'on a essayé d'en creuser en forêt, on a dû y renoncer.

Examinons les trois puits qui, faisant exception à la règle, sont creusés en forêt. Le puits n° 6 est au fond d'un petit ravin; c'est une sorte de fosse captant les filets d'eau du voisinage. Le puits n° 21 est aussi dans un ravin; il est alimenté par le niveau d'eau de la craie, très abondant, comme nous l'avons dit. Le puits n° 15 (voir coupe n° 1) se trouve sur une petite pente. Il y a à côté deux puits: l'un (n° 14) est à 106 mètres du précédent en terrain nu et à 24 mètres du bord de la forêt. L'autre est dans le massif en terrain horizontal. Le puits n° 14 a son orifice à $3^m,17$ au-dessous de l'orifice du puits n° 15 situé en forêt. L'eau s'y montre à une profondeur de $8^m,52$, tandis que le puits de la forêt, plus profond ($17^m,05$), est à sec. Ainsi ce serait une erreur de croire que dans les forêts, même à proximité des puits, l'eau souterraine se tienne au même niveau que hors forêt. En s'éloignant très peu du massif boisé, on constate une différence dans le niveau des eaux souterraines. Bien plus, en forêt, les clairières, dont le sol est identique aux parties boisées, présentent avec ces parties des différences hydrologiques très nettes. On trouve plus de puits et plus d'eau dans ces clairières que sous bois. Dans les carrés 83, 84, 90, on voit la steppe pénétrant en langue étroite dans la forêt sur moins d'un kilomètre carré et dans ce petit espace nu on ne compte pas moins de quatre sources très abondantes.

Avons-nous le droit de dire pour cela que la forêt Chipoff est riche en eau? Nullement.

Il y a encore une circonstance qui accrédite dans le vulgaire la croyance que la forêt emmagasine les eaux souterraines. Grâce à l'ombrage des arbres, à l'absence d'agitation dans l'air, à une certaine imperméabilité de la superficie du sol, la forêt retient à la surface les eaux pluviales. J'ai souvent observé que, pendant les grandes chaleurs de l'été, l'eau des pluies, même peu abondantes, persistait plus d'une semaine sur les routes forestières. Alors que les routes des steppes étaient couvertes d'une couche de poussière, celles des forêts étaient boueuses. Dès lors, s'il se trouve en forêt des endroits favorisant l'accumulation des eaux pluviales, celles-ci formeront des mares qui ne s'évaporeront pas de tout l'été et l'on pourra croire qu'on a affaire à des étangs formés par de véritables sources, tandis qu'il s'agira simplement d'eaux de pluie. Nous avons trouvé quelques-unes de ces mares dans la forêt Chipoff.

A proximité de la ligne séparative entre la 31ᵉ et la 32ᵉ parcelle, sur une place nue, horizontale, il y a un creux rempli d'eau qui était, dit-on, plus grand autrefois ; il n'a maintenant que 20 à 30 mètres de diamètre et $0^m,50$ à 1 mètre de profondeur. Il ne se dessèche jamais ; à la fin de l'été, il diminue beaucoup, l'eau s'y putréfie et se couvre d'algues. On trouve encore 3 ou 4 autres mares semblables dans les parcelles 77, 24, 90 ; il est évident que ces amas proviennent des eaux pluviales et n'ont aucun rapport avec les niveaux d'eaux.

De cette série de faits résulte la preuve absolue de la pauvreté de la forêt en eaux souterraines. Bien que le nombre des faits ainsi observés soit considérable, on comprend qu'on ne peut s'appuyer uniquement sur eux et qu'il faut faire des expériences dans des conditions bien déterminées où l'on tiendra compte de tous les facteurs qui peuvent influer sur le régime des eaux souterraines.

Voici comment on a procédé.

On choisissait une lisière de forêt voisine de steppes ou de champs cultivés et on forait une suite de sondages allant du terrain nu vers la forêt. Ces sondages étaient reliés par un nivellement qui donnait la courbe exacte du niveau de l'eau. Sachant quelle influence énorme

a dans la distribution des eaux souterraines la moindre modification de relief et de composition géologique, j'ai pris soin d'établir ces lignes de sondages sur des lisières situées absolument à ces deux points de vue dans les mêmes conditions que les terrains nus avoisinants, de manière que la seule différence fût l'état boisé.

Pour se rendre compte du degré d'intensité de l'influence des forêts, on changeait les circonstances physico-géographiques des emplacements. Tantôt on choisissait une place où la steppe et la forêt étaient sur le tchernozem[1], tantôt sur le sol forestier[2]; tantôt la forêt descendait en pente douce vers le terrain nu, tantôt c'était le contraire, tantôt le terrain était horizontal. Dans certains cas on opérait sous de vieux peuplements, ailleurs sous de jeunes.

Le plus souvent on intercalait dans la chaîne des sondages un puits déjà existant, qui remplaçait avec avantage un sondage artificiel et renseignait de suite sur la profondeur à laquelle on trouverait l'eau. Le niveau de l'eau a été mesuré plusieurs fois en même temps dans les puits et trous de sondage.

Dans la forêt Chipoff on a établi quatre chaînes de sondages : une dans la partie ouest, deux dans la partie nord et la quatrième dans un champ au milieu de la forêt. Au sud et à l'est on n'a pu trouver d'emplacement convenable à cause des conditions compliquées du relief.

La *première chaîne,* celle de l'ouest, près de la lisière de Laptieff, est installée sur un terrain en pente légère vers l'ouest aboutissant à un large ravin qui débouche dans la vallée du fleuve Osserioda. L'emplacement paraît horizontal à la vue, et le massif est constitué par de vieux peuplements. Une partie du bord occidental de la forêt

1. La *terre noire* ou *tchernozem* de la Russie méridionale et de la Hongrie résulte d'une transformation opérée, sur un sol primitivement siliceux, par la décomposition des herbes des steppes. La terre noire, dont l'épaisseur va parfois jusqu'à 1m,25 (Uladowka), renferme, d'après les analyses de M. Grandeau, 75 à 84 p. 100 de partie minérale, 4-15 p. 100 de matières organiques et de notables proportions de chaux, de potasse et d'acide phosphorique. (Voir dans les *Annales de la Station agronomique de l'Est* les Recherches de M. Grandeau sur les terres noires de Russie et les causes de leur fertilité, p. 225-354.)

2. Le *sol forestier* est le tchernozem changé par la végétation forestière ; il se distingue de ce dernier par sa couleur plus claire et par sa structure spécifique grenue.



se trouve sur le tchernozem, c'est-à-dire sur un terrain conquis récemment par la forêt sur la steppe. A 40 mètres du bord de la forêt, il y a un puits dont la profondeur jusqu'au niveau de l'eau est de $1^{m},70$.

Le premier sondage (nº 1) a été fait à 32 mètres de la lisière du massif dans la prairie couverte d'une herbe épaisse et très haute. L'emplacement est horizontal; le sol est du tchernozem au-dessous duquel est l'argile brune habituelle, avec des concrétions de fer et de calcaire. Ce sol est sec, peu compact; l'instrument passe facilement; à 4 mètres, l'argile est devenue humide et l'eau s'est montrée à $4^{m},40$. L'eau arrive abondamment; un jour après le forage, elle avait monté de $0^{m},40$.

Le sondage nº 2, au bord de la forêt, touche d'un côté à des chênes de 60-70 ans et de l'autre à une prairie couverte de gazon très épais. L'orifice du trou est à $0^{m},71$ au-dessus de celui du sondage précédent. Sous le tchernozem on trouve l'argile brune traversée par de nombreuses concrétions de calcaire; le sol est beaucoup plus compact que celui du trou nº 1; à $6^{m},4$ l'argile est devenue plus noire et plus humide; elle était parsemée de taches ferrugineuses rouges. La sonde pénétra difficilement jusqu'à 15 mètres sans trouver d'eau.

Trou nº 3, sous les cimes de vieux arbres, à 75 mètres du précédent: terrain horizontal à $2^{m},20$ au-dessus du trou nº 1. La composition géologique est identique à la précédente, c'est-à-dire de l'argile brune avec nombreuses concrétions de calcaire. Le sol est d'une sécheresse et d'une compacité remarquables; le percement se faisait avec une énorme difficulté; jusqu'à 15 mètres, limite où peut aller l'instrument, non seulement on ne trouve pas d'eau, mais pas trace d'humidité.

Dans cette première série on a donc constaté une brusque dépression du niveau des eaux souterraines sous la forêt, fait d'autant plus bizarre que, dans la règle hydrologique, on devait s'attendre, d'après la forme du terrain, à un relèvement de la courbe sous bois.

La *deuxième chaîne* est sur le bord septentrional de la forêt. L'emplacement est dans des conditions idéales pour des études d'hydrologie. Devant la forêt s'étend la steppe sans bornes et absolument

horizontale; la steppe est nue et le nivellement n'accuse aucune pente. Le point choisi est intéressant aussi par ce fait que la steppe borde ici, non un vieux massif, mais une jeune coupe d'un an avec des réserves.

Les trous de sondage (coupe 3) vont du puits n° 7 situé dans la steppe au massif plein en passant par la jeune coupe.

Le puits n° 7 est à 43 mètres du bord de la forêt; il est creusé dans l'argile ordinaire; on trouve l'eau à 5 mètres de profondeur et cette eau a 1m,40 jusqu'au fond du puits. Un trou de contrôle fait dans l'alignement du puits a rencontré l'eau à la même profondeur. L'exploitation de la forêt a commencé en 1893. D'après les renseignements des gardes, pendant les années 1894 et 1895, l'eau a augmenté. Le trou de sondage n° 4 est au milieu de la coupe à 80 mètres du précédent et à 43 mètres du massif plein. Il y a des réserves de-ci de-là; les plus proches du trou en sont à 6, 7, 13 et 16 mètres. Les souches ont fourni de nombreux rejets. Le sol est couvert d'une herbe très épaisse qui rendait la circulation difficile.

Le terrain est horizontal; le nivellement n'accuse pas plus de 2 à 3 centimètres de différence de niveau avec le trou précédent. Le sol est formé d'abord par le tchernozem, puis par l'argile rouge ordinaire; à 7-8 mètres l'argile devient plus noire et plus humide; au-dessous elle se montre plus claire, plus sèche. La sonde va jusqu'à 11m,28 et on rencontre l'eau à 10m,68; son niveau reste constant, son débit est insignifiant.

Le trou n° 5 est creusé dans un vieux massif plein, sous les cimes des arbres, à 107 mètres du trou n° 4, vers le sud-ouest. Le terrain est horizontal; il y a 0m,75 de différence de niveau entre ce trou et le puits n° 7. La forêt est sur le tchernozem; au-dessous vient une argile rouge, épaisse et sèche; à 6m,40, elle devient plus noire et plus humide; à 13m,19, elle est plus molle, sableuse et imbibée d'eau; à 15 mètres, la sonde entre dans le sable gris tertiaire où l'eau se montre, mais pas abondante; son niveau reste constant.

Comme le montrent les coupes, les eaux de la forêt descendent vers la steppe par une pente un peu plus douce que dans la première chaîne de sondages. Considérant que, d'une part, il y a identité absolue dans la composition géologique et le relief, que, de

l'autre, l'abaissement du niveau des eaux souterraines est proportionnel à la densité du massif, on est disposé à attribuer cet abaissement à l'influence du boisement, sinon entièrement, du moins en grande partie. C'est la cause principale, peut-être unique.

La *troisième chaîne* est encore située sur la lisière septentrionale de la forêt. Emplacement horizontal en général (voir coupe n° 4); c'est seulement hors des limites de la forêt que le sol s'infléchit. Près de la lisière est le puits n° 5. Jusqu'à 46 mètres de la forêt, le sol est nu ; la profondeur jusqu'à l'eau est de 3m,20 et jusqu'au fond du puits de 10m,15. Il y a beaucoup d'eau; d'après les renseignements pris, cette abondance est constatée depuis plusieurs années. A 420 mètres vers l'ouest de ce puits, il y a un ravin au fond duquel se trouvent des sources découlant de ces sables tertiaires en assez grande abondance. Ces sources situées tout à fait à la limite de la forêt sont dans un endroit couvert d'une végétation très clairsemée. D'après le nivellement, elles sont à 14m,19 en dessous de l'orifice du puits n° 5 et il est évident qu'elles appartiennent à l'horizon des sables tertiaires, alors que le puits est alimenté par la nappe superficielle, c'est-à-dire par le premier niveau dont nous avons parlé, dans l'argile avec des galets.

Le sondage n° 6 a été fait dans la forêt entre les sources dont il vient d'être question et le puits n° 5. Le massif, vieux, est devenu clair, d'où production d'herbes épaisses. La distance du sondage n° 6 au sondage n° 7 est de 150 mètres et celle du puits n° 5 à ce même sondage n° 7 est de 43 mètres.

L'orifice du sondage n° 6 est à 0m,93 au-dessus de celui du puits n° 5. Le sondage traversa les couches suivantes :

A la surface : tchernozem typique vierge ;

Au-dessous : argile brune d'abord, puis rouge à cause de la présence du fer ;

A 7m,32 : petite couche de sable bien sec ;

A 13m,72 : l'argile brune devient plus sableuse ;

A 14m,64 : l'argile devient verte et sableuse ;

A 14m,80 : sable argileux vert-gris.

L'eau a été rencontrée à 15m,9 avec un débit faible.

Le sondage n° 7 est à 43 mètres du puits et à 16 mètres de la

forêt, qui est formée là d'un vieux massif s'élevant comme un mur.

Il est en terrain tout à fait horizontal ; c'est une place de repos pour le bétail. Le nivellement donne $0^m,64$ au-dessus du puits n° 5.

Le sol est le tchernozem vierge.

Au-dessous : argile ordinaire brune comme la précédente ;

A $7^m,02$: petite couche de sable micacé où l'eau se montre ;

Au-dessous reprend l'argile ordinaire.

Cette chaîne de sondages est intéressante parce qu'ici se manifeste l'influence des forêts sur l'abaissement des eaux. Malgré la petite distance des trous et l'identité de composition géologique, les deux points ont présenté une grande différence dans l'abondance des eaux. Il est curieux de constater que les couches de sable qui se rencontrent au même niveau dans les deux sondages, à 7 mètres de profondeur, sont tout à fait sèches sous la forêt et saturées d'eau dans la steppe.

La *quatrième chaîne* date de 1891 pendant que je me livrais à des études dans les domaines du prince Voronzoff sans viser ce but particulier ; à présent j'ai fait plus attention aux caractères minéralogiques, j'ai relevé le plan et le nivellement avec soin et j'ai fait encore un trou de contrôle.

La chaîne commence au puits n° 1 (voir coupe n° 5) creusé près du bord de la forêt dans un champ de 30 ares environ. Le terrain est là horizontal, puis s'incline vers le midi en pentes faibles d'abord, puis plus fortes. C'est dans cette direction qu'est la chaîne des sondages. Le puits n° 1 creusé en 1891 est à 8 mètres des arbres les plus proches ; il rencontre d'abord l'argile brune, puis l'argile verte tertiaire servant de base aux eaux souterraines assez abondantes.

La profondeur jusqu'à l'eau est de $13^m,63$ et jusqu'au fond de 17 mètres.

Il y a plus d'eau maintenant qu'il y a 4 ans.

Le sondage n° 8 est à 250 mètres du précédent en descendant la pente et son orifice est à $8^m,998$ au-dessous. Comme le sol a une pente régulière, je ne puis admettre qu'il soit en mouvement. Ce sondage n° 8 est dans un peuplement d'âge moyen.

A la surface : sol (terre) forestier ;

Au-dessous : argile brune ordinaire, très sèche et très compacte ;

A $9^m,76$: argile tertiaire verte, d'abord un peu sableuse, puis très compacte.

La sonde pénétra jusqu'à $12^m,78$ sans trouver d'eau.

J'ai décrit les sondages n° 9 et n° 10 dans un autre travail ; je ne m'y arrête pas.

Il est très intéressant de constater l'influence de si petits champs sur le niveau des eaux souterraines. Sachant, par les recherches précédentes, combien il s'abaisse vite, sous la forêt, même sur des distances très faibles, on pouvait prévoir qu'on allait rencontrer le même fait dans ce champ. Malheureusement il faut reconnaître que la chaîne de sondages dont nous parlons ne résout pas la question. On a bien constaté l'abaissement des eaux sous la forêt, mais on ne peut affirmer qu'il soit dû exclusivement à son action ; on pourrait tout aussi bien l'attribuer à la dépression des eaux vers le ravin.

Cependant les trous n° 9 et n° 10 feraient songer à l'influence de la forêt en raison de l'identité de la composition géologique en tous ces points.

Je n'ai pas pu trouver d'autres emplacements favorables dans la forêt Chipoff ; j'ai été plus favorisé sous ce rapport dans la forêt Noire.

Forêt Noire.

La forêt Noire (gouvernement de Kherson, district d'Alexandria, 48° 20′ lat., 30° 18′ long.) se trouve, comme la forêt Chipoff, sur le bord sud de la région appelée en Russie *Steppe à forêt* ou *Steppe demi-forestière*.

Ni vers l'est sur le même parallèle, ni vers le sud sous le même méridien, on ne trouve de véritables *forêts de steppe*. Il n'y a que dans les vallées de fleuve et sur les ravins des steppes qu'on trouve des forêts naissantes.

Cette forêt Noire est entourée de légendes ; elle a autrefois abrité des moines, après avoir servi de repaire à des brigands.

La nature en a fait une véritable forteresse d'où les brigands observaient la proie qui passait dans les steppes. Les légendes populaires qui la concernent prouvent qu'elle est très ancienne. La partie nord confine à la rive droite du fleuve Ingoulets et sa lisière sud

s'étend sur une ligne de partage des eaux très étroite; les sources des affluents du fleuve Ingoulets touchent presque celles des affluents qui vont en sens contraire. Néanmoins, toute la région donne l'impression d'une surface horizontale, plus encore que la forêt Chipoff. Alors que, dans celle-ci, la pente des ravins commence à une distance de 1 kilomètre et plus, si bien que la voiture donne la sensation d'un voyage sur les vagues, ici le sol est horizontal et c'est tout d'un coup, sans être prévenu, que l'on tombe sur un ravin. La caractéristique des forêts de steppes de l'orient, d'après Ommer de Hell, réside dans les vallées larges et profondes qui les sillonnent et qui sont bordées de versants abrupts si bien qu'on se croit dans une vaste plaine et qu'il faut arriver au bord de la fente pour la voir. Les ravins de la forêt Noire débouchent tous dans le fleuve Ingoulets; deux ont 53 mètres de profondeur; ils commencent avant la forêt. (Voir le profil du S.-E. au N.-O. fait d'après mon nivellement et celui des élèves de l'École forestière.) Les chiffres d'altitude ont été reliés à ceux des gares; ils donnent exactement le niveau au-dessus de la mer Noire.

Composition géologique. — On possède à cet égard très peu de renseignements. En 1869, Barbot de Marny a, le premier, décrit la composition géologique de la province; mais il n'a pas vu les environs de la forêt, et ce n'est que d'après des renseignements qu'il dit que, sur le fleuve Ingoulets, près de la station de Cibouleva, on voit du granit. Sur la carte géologique, cette région est colorée de la teinte affectée à l'argile sableuse tertiaire et dans les ravins sont marqués des pointements de roches cristallines.

Plus tard, Sokolof fit des recherches hydrogéologiques; malheureusement l'auteur n'a pas publié tout son travail. En 1893, a paru un résumé[1] dans lequel l'auteur donne brièvement les caractères généraux de quelques districts du gouvernement de Kherson.

Il dit qu'au sud et au centre du district d'Alexandria il y a un grand développement de roches cristallines anciennes (granit,

1. *Études hydrogéologiques dans le sud et le sud-est du gouvernement de Kherson*, par Sokolof. Saint-Pétersbourg, 1893.

gneiss) dont les affleurements montent jusqu'à la ligne de partage des eaux des steppes; ces roches sont couvertes d'une couche mince de lõss.

C'est surtout le tertiaire et notamment l'oligocène qui y est représenté.

La littérature est donc très pauvre, malheureusement, car, dans le cas contraire, j'aurais pu me fier à la carte géologique de la province sans être obligé de la faire.

D'après mes recherches, la série des couches géologiques est la suivante :

1° Lõss au-dessous duquel on trouve de l'argile plus compacte, plus brune, l'épaisseur générale est de 14-17 mètres;

2° Sable argileux gris, très compact, pénétré de veines de lignite, à 0m,70;

3° Sable orange, de 0m,45 à 0m,70;

4° Lignites très terreux, de 0m,07 à 0m,10;

5° Sable blanc ou ocreux avec amandes de kaolin, 17 mètres.

Sur les formations cristallines, je n'ai pas constaté de sable, mais à leur surface d'affleurement il y a beaucoup de graviers provenant de leur destruction.

A la base de toutes ces couches, on trouve le granit-gneiss.

Les conditions hydrologiques sont ici simples.

Le premier niveau des eaux souterraines est partout à la limite entre le lõss et l'argile brune. Il est curieux qu'ici la structure des couches ne semble pas jouer un grand rôle, comme je l'avais déjà constaté. L'eau suinte tantôt de la partie inférieure du lõss, tantôt de la couche supérieure de l'argile brune, et à l'œil nu on ne constate pas la moindre différence entre les portions de ces terrains qui restent sèches et celles qui sont gorgées d'eau. Ce premier niveau n'est pas très riche en eau et il n'est pas très répandu, bien qu'il soit alimenté par toutes les pluies de la steppe. Dans tous les ravins où la dénudation ne s'est pas exercée, on voit de petites sources à ce niveau. Ces eaux sont assez bonnes, bien que le lõss soit riche en sel.

Le deuxième et dernier niveau se trouve dans les sables qui recouvrent le granit. Par son développement et son abondance en eau, il joue le premier rôle dans la région. Comme les couches tertiaires

inférieures occupent presque tout le nord-ouest du gouvernement de Kherson, il faut admettre que le rayon d'alimentation est très grand. Il est vrai que la surface des formations cristallines de base est irrégulière et que dans les creux ont pu s'accumuler des sables provenant de la désagrégation des granits et renfermant de l'eau. Cette irrégularité de la surface fait que les eaux ne sont pas distribuées régulièrement. Néanmoins, la provision d'eau est très considérable; c'est elle qui alimente les fleuves de la région. Deux pompes de la Station de Znamenka sont alimentées par cette nappe ainsi que toute la ville d'Ielizavetgrad. D'après l'ingénieur, les trois puits existants fournissent 75 000 seaux par 24 heures; ils ont $2^m,1$ de diamètre. Si on avait voulu augmenter le nombre des puits, on serait arrivé à 300 000 seaux dans les 24 heures.

Dans la plupart des ravins aboutissant au fleuve Ingoulets, au fond et au milieu où se voit une série de sables tertiaires il y a une masse d'eau qui forme de véritables sources. L'eau pénètre souvent dans les fentes du massif cristallin et coule sur le granit-gneiss. Tous les étangs, sauf celui de Znamenka, s'entretiennent par les eaux de cet horizon; à cause de l'irrégularité de la surface, il y a des différences profondes dans l'abondance et le niveau de l'eau.

Dans la forêt Noire, nous avons constaté le même fait que dans la forêt Chipoff; elle est plus pauvre en eau que les steppes environnantes. La première nappe aquifère ne donne pas de sources; elles proviennent du second niveau et il faut les chercher dans les ravins.

La forêt Noire est coupée du nord au sud par un ruisseau qui parcourt plus de 7 kilomètres dans la forêt et qui a sa source en dehors. A la tête du ravin, on voit de bonnes sources appartenant au premier horizon, celui du löss; mais ce ruisseau devient à sec en entrant dans la forêt jusqu'à la 38e parcelle; à partir de là, le fond est formé simplement de boue avec un peu d'eau en deux ou trois endroits; la mare la plus importante est dans la parcelle 29. Dans les parcelles hautes 46 et 39, la forêt est jeune; dans les parcelles 18, 11, 3, elle est vieille. A partir de la parcelle 39, en descendant, le fond et le bas des versants du ravin sont nus; les champs occupent une grande surface autour de la mare de la parcelle 29.

Une autre rivière traverse la forêt au sud-est et prend sa source près de Znamenka; les eaux du village de Znamenka sont du premier horizon et nourrissent un grand étang dont les eaux se perdent avant d'arriver dans la forêt; la rivière y est à sec; ce n'est qu'au bout d'un kilomètre qu'apparaissent de petites sources appartenant à l'horizon des sables tertiaires.

Voilà toutes les eaux superficielles.

Il nous reste à étudier les puits et les trous de sondage. Pour les puits, de même qu'à Chipoff, le plus grand nombre est en dehors de la forêt; les quelques puits qui s'y trouvent sont tous alimentés par le second horizon.

Le puits n° 13 est très caractéristique. Il est ouvert dans un vieux massif à 54 mètres du bord (voir coupe 6). On est allé jusqu'à 27^{m},69 sans trouver d'eau et pourtant, à 114 mètres de là, en terrain découvert, à 60 mètres du bord du massif, le sondage n° 23 a trouvé l'eau à une profondeur de 15^{m},54; l'orifice du trou de sondage est à 1^{m},47 plus bas que celui du puits de la forêt. La structure géologique est la même dans les deux points. D'après les renseignements des gardes, ce fait se reproduit fréquemment.

Puisque les eaux souterraines sont à une grande profondeur, on peut prévoir que l'influence de la forêt sera moins frappante qu'à Chipoff; mais d'autre part, grâce aux conditions du relief et surtout à la forme de la forêt se prolongeant dans la steppe par de minces bandes boisées, les sondages offrent encore plus d'intérêt. En traçant une ligne de sondages traversant la forêt, les champs, puis la forêt, nous espérions avoir pour la courbe dessinant le niveau des eaux souterraines une ligne en zigzag; c'est en effet ce qui s'est réalisé. Les principes et les moyens de recherches ont été les mêmes que pour la forêt Chipoff.

Chaîne n° 5 (coupe 7). — Elle est située dans la partie sud de la forêt en terrain horizontal; mais à 120 mètres de la forêt se trouve une petite dépression qui se dirige vers le nord-ouest. A l'ouest de cette dépression peu marquée, le terrain descend brusquement vers le ravin de Roudka, sur le fond duquel se trouve une petite source provenant de l'eau qui a filtré de l'étang de Znamenka sous les rails de la voie ferrée.

La forêt est vieille et forme un grand demi-cercle entourant les champs. A 200 mètres du bord de la forêt, sur une petite élévation, se trouve le puits n° 17, bien fourni d'eau potable de l'horizon du lõss.

Profondeur jusqu'à l'eau	10m,15
— jusqu'au fond du puits . . .	14 ,15

Les habitants de Znamenka utilisent cette eau qui ne s'épuise pas. Ce puits est le point de départ de notre chaîne de sondages vers la forêt. Le trou de sondage n° 11 est à 106 mètres du puits ; l'orifice est à 0m,95 au-dessous de celui du puits et il y a une distance de 88 mètres entre ce sondage et la forêt.

On a constaté les couches suivantes :

1° Tchernozem à 0m,76 ;

2° Lõss éluvial et lõss normal ; à partir de 7m,17, le lõss devient brun-noir ;

3° A partir de 9m,15 encore le lõss avec veines nombreuses ;

4° A partir de 11m,44 on trouve l'argile brun-noir, gluante, assez riche en fer et en chaux.

La sonde a pénétré jusqu'à 14m,95 et l'eau s'est montrée à 11m,35 avec un faible débit.

Le sondage n° 12 est à 71 mètres du n° 11 et à 18 mètres de la forêt ; son orifice est plus haut que le précédent de 0m,75.

Sous le tchernozem (0m,70) se trouve le lõss typique gris-jaune. A 7m,63 se voit une couche plus brune de même structure que le lõss. A 8m,90, on touche encore le lõss très calcarifère, et à 9m,98 l'argile brun-noir, plus compacte et plus sèche que dans le sondage n° 11. La sonde a pénétré jusqu'à 14m,80 et l'eau a été rencontrée à 12m,90 avec un faible écoulement.

Le sondage n° 13 est fait dans un vieux et haut massif à 36 mètres du précédent et à 18 mètres du bord.

Les couches traversées par la sonde sont les mêmes que les précédentes, mais très sèches et très compactes. On a éprouvé d'énormes difficultés pour le forage.

Immédiatement au-dessous du sol forestier on trouve le lõss éluvial et normal ; à 10m,22, l'argile brun-noir avec grains noirs et

veines nombreuses ; cette argile, très compacte, est collante, gluante, très humide dans le fond.

L'eau apparaît à 15^{m},90.

On a mesuré à diverses reprises les niveaux dans les divers trous sans constater de changements.

Ainsi l'on voit un abaissement progressif, des eaux souterraines à mesure qu'on se dirige vers la forêt. Seulement, au début, cet abaissement est faible (2 mètres sur 100 mètres) ; dès qu'on entre en forêt, la courbe tombe brusquement (de 2 mètres sur une distance de 36 mètres).

Il est curieux de constater que la situation du sondage n° 11, au fond d'une petite dépression, et la présence d'une fouille assez profonde, près du trou n° 12, n'ont pas eu d'influence sur cet abaissement régulier des eaux souterraines.

Chaîne n° 6 (coupe 8). — Elle se trouve sur la lisière sud-est de la forêt, qui se termine ici, dans la steppe, par une langue étroite remontant sur une pente vers la tête d'un petit ravin. Vers le sud, la forêt borde la steppe horizontale. Ce point domine toute la contrée, grâce au développement des sables tertiaires. La composition géologique est assez régulière. Les eaux souterraines, comme le montrent les puits 23, 24, 25 et 26, sont relativement à faible profondeur. Notre attention s'était portée sur la lisière d'Odessa comme sur l'endroit le plus horizontal.

Près de la forêt est le puits n° 23 dont l'eau est très abondante ; pendant nos recherches, une machine à vapeur, nombre d'ouvriers et de voyageurs y ont puisé et chaque matin l'eau y était au même niveau.

Profondeur jusqu'à l'eau	13^{m},49
— jusqu'au fond	16 ,54

Le sondage n° 16 a été fait dans la forêt, à 72 mètres du puits précédent et à 48 mètres du bord de la forêt, constituée là par un vieux et haut massif.

L'orifice est à 0^{m},55 plus bas que celui du puits.

Les couches géologiques sont toujours les mêmes : d'abord le löss, avec une coloration brune à la profondeur de 25 mètres ; plus

bas, à partir de 40 mètres, l'argile brun-noir, compacte, avec grains noirs et concrétions nombreuses.

On a creusé jusqu'à 18m,14; l'eau affleure à 15m,70. Le sondage a été rendu très difficile par la compacité et la sécheresse des couches.

Nous voyons que, sur une très faible distance, il y a un abaissement marqué des eaux souterraines sous la forêt, et on ne peut l'attribuer à l'inclinaison, très faible du reste, du terrain vers la forêt; car, même en tenant compte de cette circonstance, la différence porterait sur des centimètres et il y a une brusque dépression de 2m,76.

Chaîne n° 7 (croquis 9). — La parcelle 68 se prolonge par une bande longue et étroite dans la steppe ouverte. Cette bande est traversée, presque en son milieu, par un chemin de 56 mètres de largeur. Il était curieux de savoir si cette petite clairière avait une influence sur l'allure des eaux souterraines. Dans ce but, on a pratiqué deux sondages, l'un au milieu de la clairière, l'autre dans la forêt voisine, vieille et épaisse, à 70 mètres du premier sondage et à 42 mètres du bord. Les deux sondages sont au même niveau.

Le sol est de terre forestière jusqu'à 0m,92; au-dessous vient le löss éluvial; à partir de 3m,96, on voit le löss typique, gris-jaunâtre; à 8m,08, on rencontre l'argile rouge-brun, semblable au löss; à 8m,55, à nouveau le löss gris; à 11m,83, l'argile brun-noir; à 11m,34, elle devient sableuse et plus riche en chaux.

La sonde s'est enfoncée jusqu'à 15m,02 et l'eau s'est montrée à 14m,48. Le sondage a été assez facile.

Dans le sondage n° 18, fait en forêt, on trouve sous le sol forestier le löss éluvial brun, pas très dur; la sonde passe bien. A partir de 4 mètres, elle entre dans le löss typique et pénètre difficilement. A 7m,17, on rencontre le löss brun; à 8m,96, à nouveau le löss ordinaire (le sondage avance très lentement); à 11m,28, l'argile brun-noir; dans cette couche plus douce, moins dure, la sonde pénètre plus facilement et arrive à 15m,09 sans trouver d'eau; le sondage s'arrête là, parce que l'instrument se rompt.

Néanmoins, cela suffisait pour montrer que le niveau de l'eau est plus bas en forêt. Ainsi, dans ce lieu présentant partout le même

relief, la même composition géologique, le niveau de l'eau souterraine se relève juste sous la projection de ce petit espace déboisé.

Il est regrettable que l'accident survenu à la sonde ait empêché de préciser les limites de ce bombement.

Chaîne n° 8 (coupe 10). — Elle est installée dans la partie sud-ouest de la forêt.

Entre les parcelles 25 et 36 se trouve un grand champ, relié à la steppe par une bande étroite. La forêt est d'âge moyen; en dehors d'un ravin boisé, qui coupe le champ, le terrain est horizontal. Presque au milieu du champ, le puits n° 14 est assez riche en eau.

Profondeur jusqu'à l'eau	10^m,95
— jusqu'au fond	13 ,55

Le point de la forêt le plus rapproché est à 236 mètres; à 213 mètres du puits n° 14, au fond du ravin boisé, est creusé le puits n° 12, qui a une profondeur de 2^m,70 jusqu'à l'eau et de 4^m,17 jusqu'au fond.

Il se trouve dans un peuplement de 25 ans.

Comme l'a constaté le nivellement, la surface de l'eau du puits n° 14 est à 2^m,19 au-dessus de celle du puits n° 12, bien qu'on en tire une énorme quantité d'eau.

Nous avons voulu déterminer le plan d'eau sur une plus grande largeur en faisant des sondages d'un côté vers la steppe, de l'autre dans la forêt qui avoisine le champ. Nous avons ainsi obtenu une chaîne dont les quatre anneaux ont touché successivement la steppe, la forêt, le champ, la forêt.

Sondage n° 19 dans la steppe ouverte, avec pente légère vers le ravin. L'endroit est cultivé.

L'orifice du trou est plus haut que celui du puits n° 12 de 12^m,25; il est à 70 mètres de ce puits et à 40 mètres du bord de la forêt.

La sonde traverse 0^m,61 de tchernozem, puis le löss éluvial passant au löss normal; à 5^m,49, le löss devient argileux et brun-noir; à 8^m,55, l'argile se montre plus claire, riche en formations ocreuses

passant peu à peu au löss ; à 10m,55, le löss devient mol et humide.

L'eau se manifeste en abondance à 11m,44.

Sondage n° 20 dans la forêt pleine d'âge moyen (parcelle 36), à 20 mètres du bord, à 256 mètres du puits n° 14. L'orifice est plus haut que celui du puits de 0m,04. Entre eux se trouve une légère dépression.

Le sol forestier passe au löss plus ou moins éluvial. A 3m,66, on trouve de petites veines de l'argile brune du löss avec des concrétions de calcaire de 0m,1 d'épaisseur ; à partir de 8m,2, argile brun-noir plus molle ; à partir de 10m,69, argile plus noire, marneuse ; à partir de 11m,28, argile plus claire, plus compacte, assez humide, et à partir de 12m,50, argile plus sombre avec ocre jaune, ferrugineuse.

La sonde pénètre à 14m,50 ; l'eau affleure à 14m,03.

Le résultat du sondage est très curieux. En réunissant par une ligne le niveau de l'eau des puits et des sondages, on obtient une ligne brisée dont les points les plus bas sont toujours sous la forêt.

L'abaissement du niveau sous le massif boisé ne peut avoir d'autre cause que la présence de la forêt.

Chaine n° 9 (coupe 11). — Elle traverse un champ d'un kilomètre carré, presque au centre de la forêt, dans les parcelles 40 et 41. Ce champ est horizontal ; ce n'est qu'à l'extrémité occidentale qu'il est un peu en pente vers un ravin. Par son bord nord-est ce champ confine à un vieux massif ; au sud-ouest la forêt est jeune. Sur le champ même, vers le sud-est se trouvent deux puits : le premier (n° 4), à 55 mètres d'une jeune forêt, a une profondeur de 14m,05 ; son eau n'est pas utilisée ; le second (n° 5), à 114 mètres du précédent, plus près du centre du champ est à 100 mètres du point le plus rapproché de la forêt. Son orifice est à 0m,38 au-dessous du précédent et il est très curieux que le niveau de l'eau y soit à 1m,38 au-dessus du niveau du puits n° 4.

Le sondage n° 21 a été fait dans un peuplement jeune et très dense près du puits n° 4, à 85 mètres de lui et à 30 mètres du bord de la forêt : l'orifice est au même niveau que celui du puits.

Sous le sol forestier, on trouve le löss un peu modifié, puis, à 7m,35, l'argile du löss, brun-noir.

Plus bas, le lõss parsemé de concrétions nombreuses; l'eau se montre à une profondeur de 15 mètres, avec écoulement faible.

Le trou n° 22 a été foré dans un massif épais et vieux (parcelle 41), à 694 mètres du puits n° 5 et à 40 mètres du bord de la forêt, sous de grands chênes.

Le terrain est en pente légère vers l'est.

On a relevé les couches suivantes :

Sol forestier, 0m,70; au-dessous, lõss; à partir de 2m,90, argile du lõss brun-noir; à 3m,35, encore le lõss normal de teinte claire; à 8m,84, il devient plus gris et collant; à 9m,76, argile brun-noir.

L'eau se montre à 12m,20.

Comme le montre cette coupe, la structure géologique est ici normale; seulement l'horizon supérieur du lõss, ainsi que le lõss noir a été enlevé par dénudation et remplacé par une formation qui ressemble au lõss, peut-être de nature alluviale.

Ainsi, comme dans les cas précédents, le niveau des eaux souterraines est plus élevé, sous le sol nu, que sous la forêt, et l'abaissement du niveau est moindre sous le jeune peuplement que sous le vieux massif. La courbe atteint son point culminant sous le centre du champ et s'abaisse de chaque côté dès qu'on s'approche de la forêt.

Une partie de la forêt a été exploitée par bandes alternes, une bande restant pleine entre deux bandes exploitées à blanc étoc. Nous avons fait deux sondages, l'un dans la bande pleine, l'autre dans la coupe exploitée pour voir s'il y avait une différence dans le niveau des eaux. Mais la sonde ne pouvait aller qu'à 15 mètres et à cette profondeur l'eau ne se montra ni dans l'un ni dans l'autre.

Rappelons en terminant que, dans l'été de 1891, M. Bliznin a entrepris des observations comparées sur l'humidité du sol dans la forêt Noire, à 108 mètres du bord et dans les champs qui l'environnent, à 135 mètres de la forêt, sur un emplacement horizontal et normal[1]. Les déterminations faites à trois reprises jusqu'à 1m,50 de profondeur, ont montré que les couches supérieures du sol fores-

1. Travail de M. Bliznin sur l'humidité du sol dans la forêt et dans les champs. 1892, *Bulletin météorologique*, n° 7, p. 269-273.

tier sont plus humides que celles des champs cultivés et que les couches inférieures sont, au contraire, plus sèches.

TAUX D'HUMIDITÉ.	FORÊT DE 30 ANS.			CHAMP DE BLÉ.		
	17 mai.	22 juin.	28 juillet.	17 mai.	22 juin.	28 juillet.
—	—	—	—	—	—	—
De 0m à 0m,30	17,2	14,4	17,5	10,3	10,4	19,9
De 0 ,30 à 0 ,60	17,5	13,8	13,0	15,6	11,7	18,3
De 0 ,60 à 0 ,90	18,4	14,6	11,6	16,2	12,3	12,2
De 0 ,90 à 1 ,20	18,5	14,6	11,1	16,2	13,5	11,1
De 1 ,20 à 1 ,50	15,5	14,4	11,8	17,1	15,4	12,9

Les points où ont eu lieu les prélèvements ont été choisis de telle façon, affirme M. Bliznin, que la différence d'humidité ne peut être attribuée qu'à l'influence de la végétation.

Conclusions.

Il résulte de l'ensemble des faits observés dans les forêts de steppe de la Russie méridionale que : *toutes conditions physico-géographiques égales, le niveau des eaux phréatiques*[1] *dans les forêts est plus bas que dans la steppe adjacente ou qu'en général dans un espace libre voisin.*

Comme le montrent les coupes, dans tous les cas sans exception, à l'approche de la forêt, le niveau des eaux phréatiques s'abaisse, la couche plonge et, dans certains cas, la dépression de la courbe est très accentuée. Il en est ainsi dans la forêt Chipoff, près de la lisière d'Ericheff, où sur un parcours de 190 mètres le niveau s'abaisse de 10m,96 (voir coupe 4), ou encore près de la lisière de Lapteff; là, sur une distance de 32 mètres la différence de niveau dépasse 10 mètres.

Le même fait se constate dans la forêt Noire; près de la lisière de Zandroff, sur 200 mètres environ, le niveau tombe de 4m,95 (voir coupe 7) et de 10m,78 (voir coupe 6) sur une distance de 114 mètres près de la lisière Tsyboulelf.

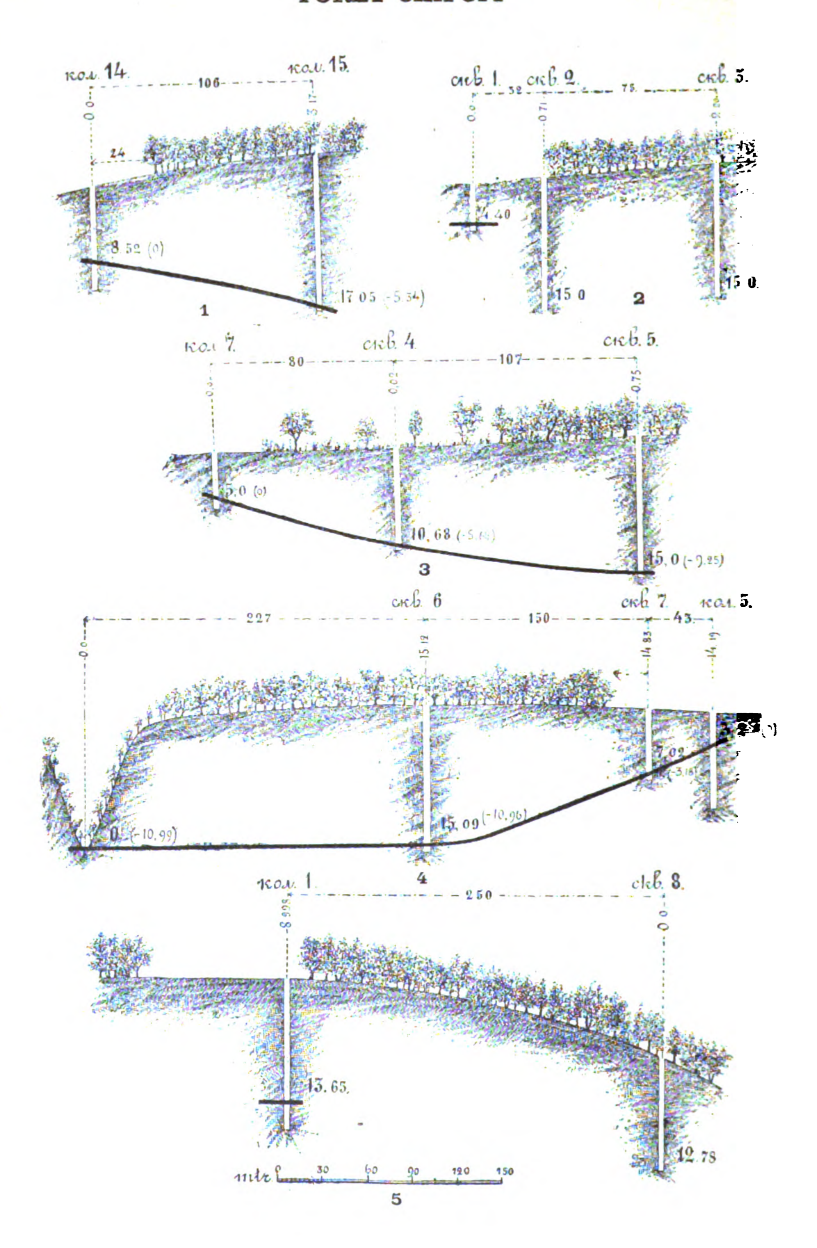
1. Daubrée dans son ouvrage : *Les Eaux souterraines*, t. I, p. 19, appelle ainsi la nappe d'eau souterraine la plus rapprochée de la surface, celle qui alimente les puits ordinaires (du grec φρέαρ, ατος, puits).

Il est intéressant de remarquer que cette dépression du niveau des eaux phréatiques est plus accusée sous les vieux massifs que sous les jeunes peuplements; dans ce dernier cas, le niveau s'est seulement abaissé de $1^{m},57$ sur une distance de 80 mètres.

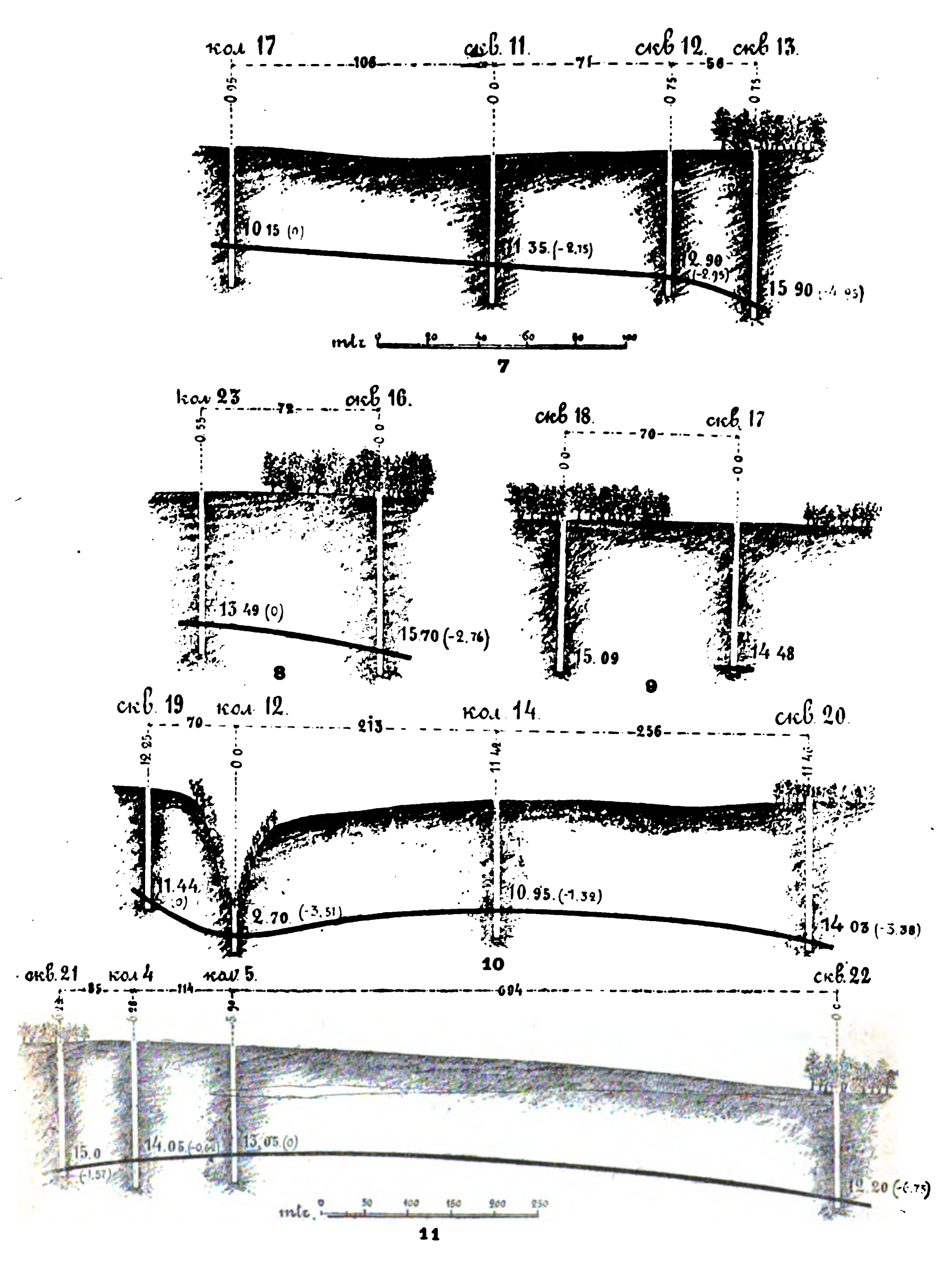
Constatons aussi que, généralement, le plan de surface des eaux phréatiques a une pente inverse de celle du terrain, contrairement à la loi empirique de l'hydrologie qui veut que la nappe des eaux souterraines soit inclinée dans le même sens que le terrain.

FIGURES.

FORÊT CHIPOFF



FORÊT NOIRE



LÉGENDE

скб = sondage;
кол = puits.

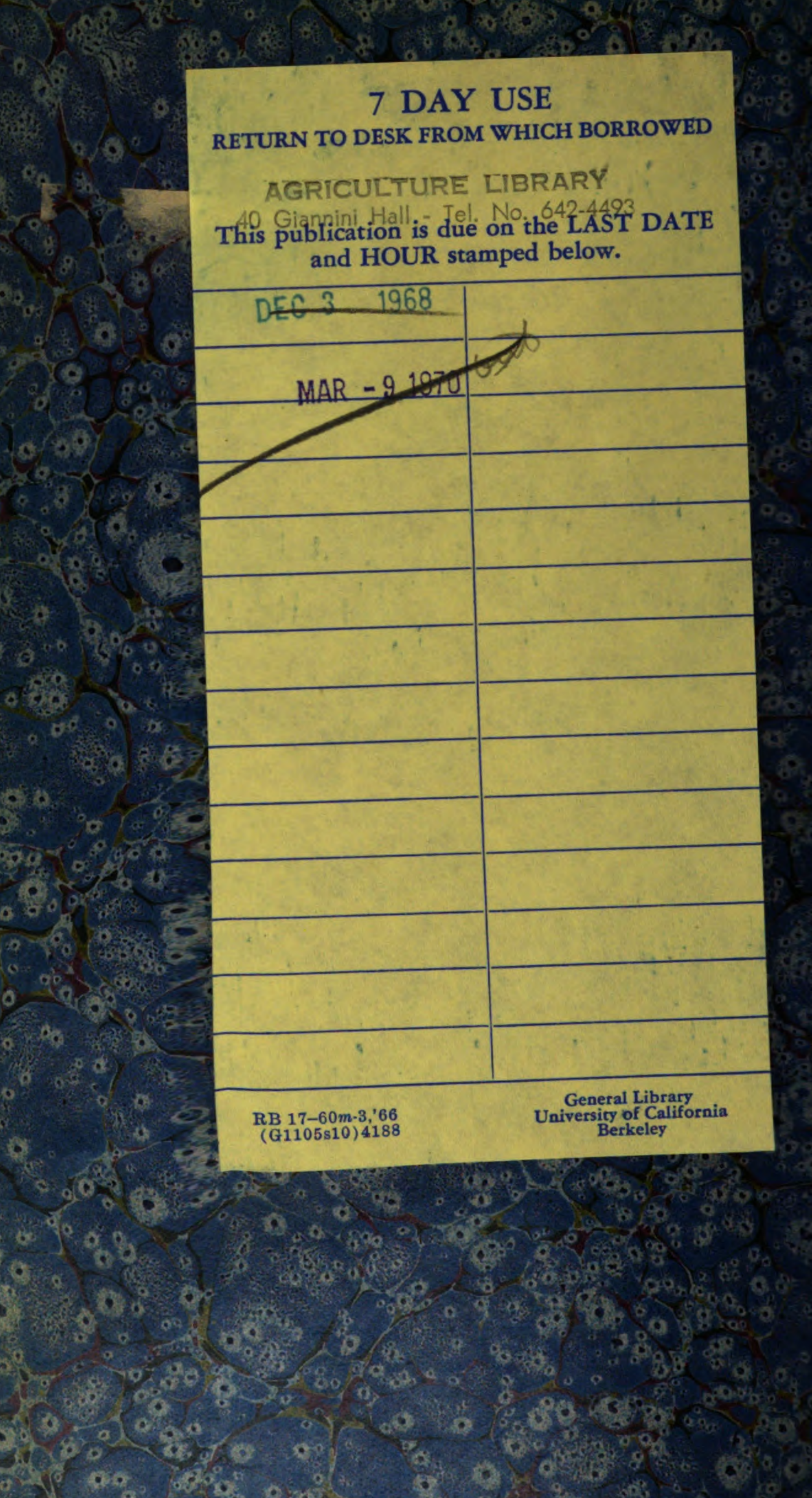
ÉCHELLE

1/500e pour les distances verticales;
1/2000e pour les distances horizontales.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DEUXIÈME (1897)

Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie.


7 DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED
AGRICULTURE LIBRARY
40 Giannini Hall. - Tel. No. 642-4493
This publication is due on the LAST DATE and HOUR stamped below.
DEC 3 1968
MAR - 9 1970
RB 17-60m-3,'66 (G1105s10)4188
General Library University of California Berkeley